

第三章 基础营养

第一节 能量

一、体内能量的来源、转移、贮存和利用：

1、产能营养素的能量系数—热量及单位：

能量食物在体内经酶的作用进行生化氧化所释放出的热能，营养学上用“kcal”或“KJ”来表示。1kcal=4.2kJ//1kJ=0.24kcal。

能量系数：以每克产能营养素在体内充分氧化时所释放的热量来表示。3种产能营养素的生理有效能即能量系数为：

糖类：4.1*98%=4 kcal/g +CO₂+H₂O

脂肪：9.45*95%=9 kcal/g +CO₂+H₂O

蛋白质：(5.65-1.3)*92%=4 kcal/g +尿素等

氧的热价：在代谢物质的氧化过程中，每耗 1L O₂ 所产生的热量称为氧的热价。

1g 糖完全氧化耗氧 0.81L，氧化糖类时氧热价为 5.0 kcal /L/O₂。

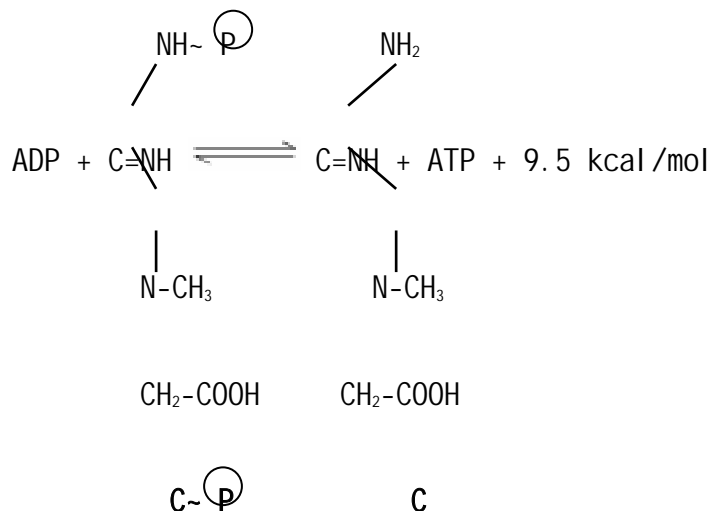
1g 脂肪完全氧化耗氧 1.98L，脂肪氧化时氧的热价为 4.7 kcal /L/O₂。

1g 蛋白质不能完全氧化，热价计算较复杂，约为 4.6 kcal /L/O₂。

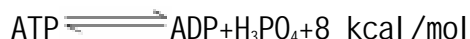
一般混合食物氧的热价为 4.825 kcal /L/O₂。

2、ATP 与 C~P(磷酸肌酸)：

ATP 是一种重要的储能、供能物质，体内能量的利用过程主要通过 ATP 的合成与分解来实现。所以 ATP 常被称为能量的“通货”。



ATP 生成后,当其浓度很高时,它可将高能磷酸键转移给肌酸,以暂时贮存能量,而当细胞内 ATP 有少量消耗时,磷酸肌酸又生成新的 ATP。



3、体内能量的转移、贮存和利用：

二、决定人体能量消耗的因素：

1、维持基础代谢所需要的能量：

基础代谢：指当机体处于清醒、静卧（不受肌肉活动和神经紧张的影响）和空腹状态下（饭后 12-14h，不受食物特殊动力作用）以及一定环境温度（ $20 \pm$ ）下维持生命所必需的最低热能需要量。

1) **基础代谢率**：基础代谢所消耗的能量通常以每 h、每 M^2 体表面积所散发的能量来表示，称 BMR。即单位时间内人体每平方米体表面积所消耗的基础代谢能量。一般情况下，每 kg 体重、每 h 基础代谢所消耗的能量为 1kcal，因而基础代谢的简单计算方法为：1kcal * 24h * 体重（kg）。通常女性 BMR 约比男性低 5%。

2) **影响基础代谢能量消耗的因素**：包括体表面积和体型、年龄及生理状态、性别因素、种族、营养状态、疾病及内分泌。

2、体力活动的能量消耗：

也称运动的生热效应。体力活动一般包括职业活动、社会活动、家务活动和休闲活动等，因职业不同造成的能量差别最大。

3、食物特殊动力作用的能量消耗：

进食后，机体向外散失的热量比进食前有所增加，即人体热能消耗增加，这种由于摄取食物而引起机体能量代谢额外增加的现象就是食物特殊动力作用。食用普通混合膳食时，食物特殊动力作用相当于每日基础代谢的 10%或全日总能耗的 6%，约 150-200 kcal 的能量。

4、**生长发育**：正在生长发育的机体需额外能量维持机体的生长。

5、人体的能量需要：

3 个月婴儿 120 kcal/kg；3-5 月 115；6-8 月 110；9-11 月 105；1-3 岁 100；>3 岁后每增加 3 岁，每 kg 体重所需热能减去 10kcal，而成年人所需 Q 仅为 42kcal/kg。成年期，BMR 下降相应调整热能供给，20-39 岁基础代谢比较稳定，一般以这个时期热能供给量为标准，>40 岁，一般以 10 年为一段，依次分别递减 5%、10%、20%和 30%。也有个体差异。

表 3-1 建议的中国成人活动水平分级

活动水平	职业工作时间分类	工作内容举例	男 (PAL) 女	
轻 1.56	75%时间坐或站立	办公室工作/修理电器钟表	1.55	1.55
	25%时间站着活动	售货员/酒店服务员/讲课等		
中	25%时间坐或站立	学生日常活动、机动车驾驶	1.78	1.64
	75%时间特殊职业活动	电工安装、车床操作等		
重	40%时间坐或站立	非机械化农业劳动、炼钢	2.10	1.82
	60%时间特殊职业活动	舞蹈/体育运动/装卸/采矿等		

三、能量需要量的测定及推算：

食物中所含的能量，有一部分以热能形式向外界散发，不能被机体利用，仅有助于体温维持；另一部分约有 45% ± 储存于 ATP 中，供机体在各种生命过程中能量消耗之用，这些能量经组织细胞利用后，绝大部分最后也将转变为热能而散失。所以，测定机体向外散放的热能可代表机体能量代谢或能量消耗，实际就是其能量的需要量。一般可采用以下几种方法：气体代谢法、双标记法、心率监测法、活动时间记录法和要因计算法。

四、能量代谢失衡：

长期能量摄入不足：会动用机体储存的糖原及脂肪，发生 Pro-Q 营养不良，临床主要表现消瘦、贫血、神经衰弱、皮肤干燥、脉搏缓慢、工作能力下降、体温低、抵抗力低，儿童出现生长停顿等。

长期能量摄入过多：会造成人体超重或肥胖，血糖升高，脂肪沉积，肝脂增加肝功能下降，过度肥胖还造成肺功能下降，易造成组织缺氧。肥胖并发症主要有脂肪肝、糖尿病、高血压、胆结石、心脑血管疾病及某些癌症。

五、能量的参考摄入量 (DRIs) 及食物来源：

1、能量的推荐摄入量：

能量需要量是指维持机体正常生理功能所需要的能量，即长时间保持良好的健康状况、具有良好的体型、机体构成和活动水平的个体达到能量平衡，并能胜任必要的经济和社会活动所需要的能量摄入。

2、能量的食物来源：

糖、脂肪、蛋白质普遍存在于各种食物中，但动物性食物一般比植物性食物有较多的脂肪和蛋白，植物性食物中粮食以糖类和蛋白为主，油料作物有丰富的脂肪，其中大豆有大量油脂个蛋白质，至于水果、蔬菜类一般含能较少，但硬果例外，如核桃、

花生等含大量油脂，有很高的热能。

第二节 碳水化合物

碳水物由 C、H、O 三种元素组成。是粮谷类、薯类、某些豆类及蔬菜水果的主要组成成分，对人体有多种重要的生理功能，是人类主要的供能物质。

食物中的碳水物可分为两大类：一类是人类机体的消化能力可利用的碳水物；另一类虽具有糖类的结构，但很难或不能为人体所利用如纤维素，但这一类多糖却对人类的消化过程具有重要而有利的影晌。还有一些碳水物本身不能算是糖类，而是多元醇，它们在人体内的代谢仍沿着糖的代谢通路进行。Southgate 将其分为：

能为人类利用的碳水物	{	糖类（单糖、双糖、低聚糖）
		右旋糖酐（葡聚糖）
		淀粉类
不能为人类利用消化的碳水物		
	{	膳食纤维（果胶、树胶、海藻酸盐及半纤维素）。
		粗纤维（纤维素和木质素）。

一、食品中的主要糖类：

- 1、**葡萄糖**：是淀粉、糖原、纤维素等多糖物质的基本单位，血液中的正常成分。
- 2、**果糖**：代谢不受胰岛素制约。肝脏可将果糖迅速转化，是实际利用果糖的唯一器官。
- 3、**蔗糖**：存在于甘蔗、甜菜及有甜味的果实之中，在许多水果和蔬菜中含有。
- 4、**麦芽糖**：大量存在于发芽的谷粒，特别是麦芽中。
- 5、**乳糖**：是唯一没有在植物中发现过的糖，而是哺乳动物乳汁中主要的糖。
- 6、**淀粉**：以颗粒形式大量存在于植物种子、根茎及干果中。
- 7、**糖原**：是人和动物体内贮存的多糖，以动物肝脏和贝壳软体动物中含量最多。
- 8、**糊精**：多以液化型淀粉酶水解淀粉或以稀酸处理淀粉所得。
- 9、**纤维素、半纤维素和木质素**：植物支持组织。
- 10、**果胶、树胶和海藻胶**：果胶多存在于果蔬等软组织中的不可消化的多糖。树胶亦称植物胶，包括植物分泌胶如阿拉伯胶和黄蓍胶、种子胶如瓜尔豆胶和角豆胶等。也包括来自海藻类的海藻胶如琼脂和红藻胶，及来自微生物的黄原胶等。

二、碳水化合物在人体内的动态变化：

1、糖在体内的转移、贮存和利用：

一是进入血液被氧化利用，二是合成糖原贮存，三是转变为非糖物质。

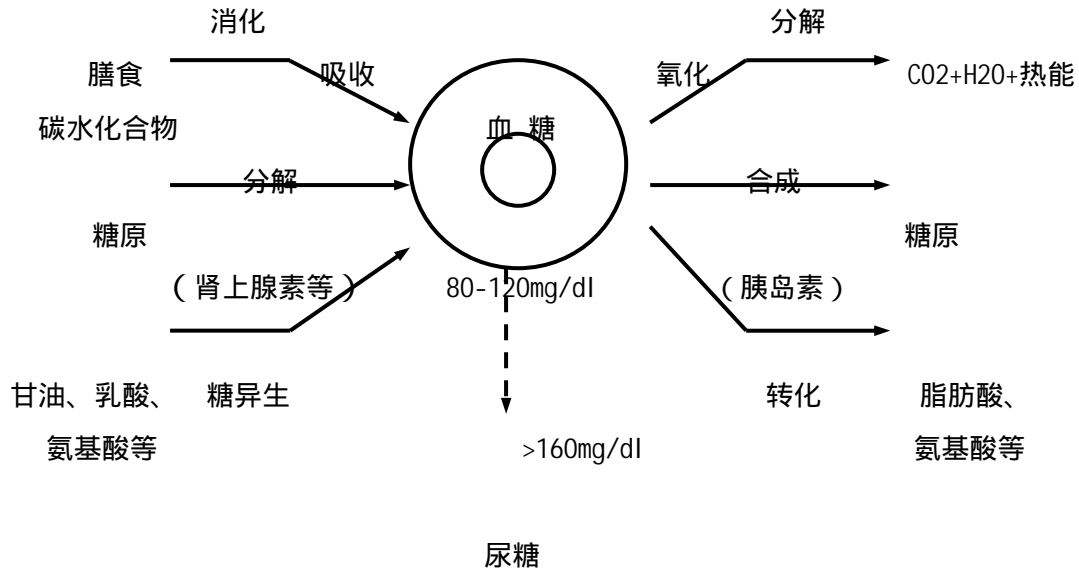


图 3-3 糖在人体内的动态变化

2、血糖浓度的调节：

血糖在 24h 内稍有变动，正常空腹血糖浓度为 80-120mg%，血糖浓度由血糖来源和去路两个方面的动态平衡决定。

- 1) 肝脏：是体内调节血糖最主要的器官，通过肝细胞中的酶。
- 2) 肌肉：肌肉等组织对血糖的摄取和利用也对血糖浓度发生一定影响。
- 3) 激素调节：胰岛素有降低血糖的功能；肾上腺素、胰高血糖素等则可升高血糖浓度。两类激素相互联系、相互制约，共同维持血糖浓度的相对恒定。

三、糖的主要功能：

- 1、**能量供给**：消化、吸收和利用较其它热源质迅速而完全，供能较及时，氧化终产物为水和 CO_2 ，生理无害。即使在缺氧条件下仍能进行酵解供部分能量。
- 2、**抗生酮作用**：如缺乏碳水物，脂肪在体内大量氧化代谢不完全而形成丙酮、羟丁酸和乙酰乙酸，在体内达到一定浓度即发生酮病。
- 3、**节省蛋白质**：碳水物对蛋白质在体内的代谢过程也很重要，当蛋白质与碳水物一起被摄入时，N 在体内的贮留量比单独摄入时要多，主要是增加了 ATP 的形成，有利于 AA 的活化以及合成蛋白质。
- 4、**保护肝脏、加强肝功**：摄入足够的碳水物可增加肝糖原的贮存，提高机体对毒物的解毒能力，保护肝脏少受化学药品的毒害。
- 5、**构成组织**：糖类也是机体的重要组成成分（如粘多糖、糖蛋白和糖苷脂等），构成生理上极为重要的物质。如糖脂是细胞膜与神经组织的结构成分；糖蛋白是构成软骨、骨骼和眼球角膜及玻璃体的组成成分；糖还参与形成 DNA、RNA。
- 6、**提供膳食纤维**：由于膳食纤维在肠内相对地不溶解，但结肠中的细菌酶可使其部分分解，产物为短链脂肪酸、水、 CO_2 、 H_2 和 CH_4 。一般约 50%-90% 的膳食纤维可被降

解。此外，膳食纤维吸水力很强，可促进胃肠蠕动，可吸附肠道中胆酸使之由粪便排出，从而使血清胆固醇下降，减少胆固醇沉积在血管壁的量，利于防止动脉硬化，还可改变消化系统中的菌群，并可使糖尿病患者降低血糖含量，改善症状。

四、功能性低聚糖：

由 2-10 个单糖通过糖苷键连接形成直链或支链的低度聚合糖，分功能性低聚糖和普通低聚糖两大类。目前研究的功能性低聚糖有水苏糖、棉子糖、异麦芽酮糖、乳糖、低聚果糖、低聚木糖、低聚半乳糖、大豆低聚糖等。有整肠功能，增强机体免疫力的作用，防止肥胖症和预防龋齿作用。

五、糖代谢异常：

1、**高血糖**：空腹血糖 $>130\text{mg}\%$ ，原因可能是生理性的如饮食性糖尿或情感性糖尿，血糖可暂时性升高。属于内分泌障碍或肾阈降低出现肾性糖尿则是病理性的。

2、**低血糖**：血糖 $<70\text{mg}\%$ ，功能性低血糖可能由于 G 来源减少或需要量增加时出现。有时由于内分泌失调或某些重要器官发生损害时可引起病理性低血糖。血糖浓度过低，脑组织可因能源短缺而出现头晕、心悸、出冷汗并有饥饿感。

3、**不耐乳糖症**：有的人由于体内缺乏乳糖酶，喝了稍多的牛奶，其中的乳糖不能被水解，则会出现腹泻、胃肠胀气等不适症状。

六、碳水化合物的来源及供给量：

碳水物在自然界分布很广。人类所需的碳水物主要由植物性食品来提供，如米面、杂粮、根茎、果实、蜂蜜等食物中，碳水物含量都很丰富，特别是谷类中淀粉约占 70%。动物性食品中只肝脏含有糖原，乳中有乳糖，其它则含量甚微。体内糖原可由蛋白质或脂肪等非糖物质异生，正常情况下，不致发生缺乏。

膳食中碳水物供给量主要与民族饮食习惯、生活水平、劳动性质及环境因素有关。一般供热约占全日总能的 55%-65%。提倡以谷类为主的多糖食物。

第四节 脂肪和其它脂类

脂类是一大类疏水化合物，在活细胞结构中有极其重要的生理作用。包括：

1) **中性脂肪**：自然界最丰富的脂，在食物中占脂肪的 98%，而在身体中超过 90%。是由甘油和三分子脂肪酸组成的甘油三酯。日常食用的动植物油脂如猪油、牛油、豆油、花生油、棉籽油和菜子油等均如此。

2) **类脂类**：指那些性质类似油脂的物质，种类很多，主要包括磷脂、糖脂和固醇等，也包括脂溶性维生素和脂蛋白。具重要的生物学意义。

一、人体内的脂类物质：

1、**贮存脂**：主要指存在于人体皮下结缔组织、腹腔大网膜、肠系膜等处的甘油三酯，

是体内过剩能量的贮存形式。脂肪细胞贮存的甘油三酯可达细胞体积的 80%-90%。人若长期摄能过多、活动过少可使贮存脂增加，人发胖。

2、**结构脂**：存在于细胞膜和细胞器中，主要成分为磷脂、鞘脂及胆固醇等，它们在各器官和组织中含量比较恒定，即使长期饥饿也不会被动用。磷脂是所有细胞的组成成分。胆固醇是人体细胞的重要组成成分，在体内有重要生理功能。

3、**血浆脂蛋白**：也称载脂蛋白。血中脂类运输。据组成、密度、功能可分为：

1) **乳糜微粒**：脂蛋白 A，肝生成，作用与 LDL 一样，但不受饮食影响。

2) **极低密度脂蛋白**：与 LDL 一样由肝脏产生，

3) **低密度脂蛋白**：肝内产生的载脂脂肪的特殊蛋白质。 -脂蛋白高，所携带的胆固醇易沉积在血管中。

4) **高密度脂蛋白**：肝内产生的载脂脂肪的特殊蛋白质。在血里，由这些蛋白质载脂的胆固醇比由 -脂蛋白载脂的胆固醇更不易在血管沉积。要增加 HDL/LDL 比，可通过过量体重的降低、坚持体育运动、食用低动物脂肪和低胆固醇的食物、适量酒精以及服用药物如安妥明和烟酸（应在医生指导下）。

二、必需脂肪酸及重要性：

在不饱和脂肪酸中有几种多不饱和脂肪酸在人体内不能合成，必需由食物提供，这几种多不饱和脂肪酸称必需脂肪酸。目前确认的是亚油酸和 - 亚麻酸。

1、**是组织细胞的组成成分**：机体用其合成的磷脂是所有细胞的组成成分。

2、**前列腺素的前体**（花生四烯酸）：体内各细胞均可合成并分布在体内各重要组织和体液中。对神经、内分泌、生殖及物质代谢都具有一定的调节功能。如前列腺素可控制脂肪组织中甘油三酯的水解，前列腺素合成下降，脂肪组织中脂解速度加速。

3、**与类脂代谢关系密切**：对胆固醇代谢很重要，胆固醇与必需脂肪酸结合后，在体内运转，进行正常代谢。

4、**维持正常视觉功能**：亚麻酸可在体内转变成 DHA，DHA 在视网膜光受体中含量丰富，是维持视紫红质正常功能的必需物质。

5、**与动物精子形成有关**：缺乏可使生殖力下降，出现不孕症，授乳过程发生障碍。

6、**有保护由于 X 射线、高温引起的一些皮肤伤害作用**：可能是由于新生组织生长时需要亚油酸，受伤组织的修复过程也需要亚油酸。

最好的食物来源是植物油类。常吃的植物油中，菜油和茶油比其它植物油少。动物油脂中含量一般比植物油低；肉类中鸡鸭肉>猪肉>牛羊肉；动物心、肝、肾等内脏>肌肉。一般认为应占每日总能量的 2%（约 8g/d）；婴儿对其需求较成人迫切，对缺乏也较敏感。

三、具有特殊功能的脂类：

- 1、**磷脂**：是组成生物膜的重要成分，可促进脂肪代谢，防止出现脂肪肝，促进神经传导，提高大脑活力。
- 2、**胆固醇**：是人体必需的。重要性在于与组织、胆汁酸和激素有关。
- 3、**多不饱和脂肪酸**：双键较多，食品稳定性受影响。其中一些多不饱和脂肪酸如 EPA、DHA 对降血脂有一定作用。

四、脂类在体内的动态变化：

1、甘油三酯在体内的转运、分解与贮存：

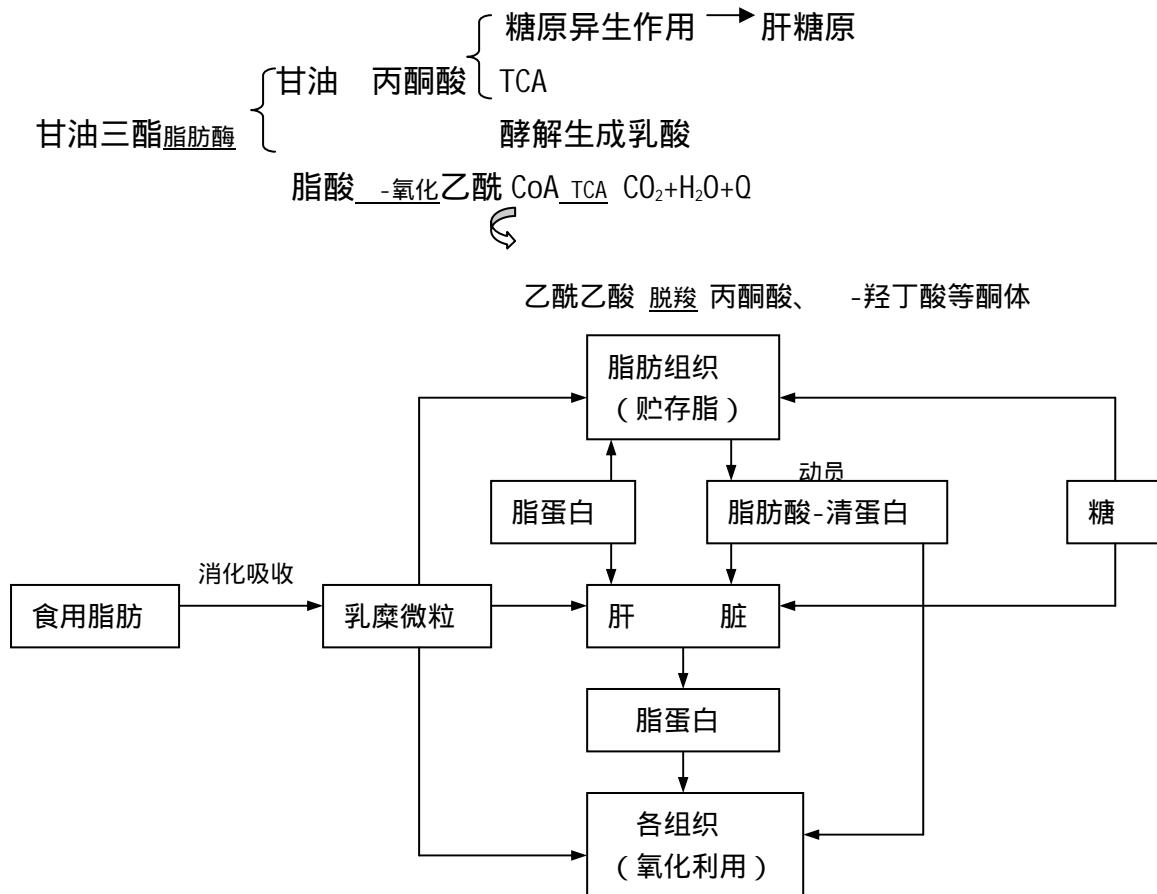


图 3-4 脂肪在体内的动态变化示意图

脂类代谢受神经与激素的调节，如肾上腺素、生长激素、促肾上腺皮质激素、甲状腺素等促进体脂释放游离脂肪酸；而胰岛素、前列腺素则促进体脂合成。此外，膳食组成和机体的营养状态也影响脂类在体内的代谢过程。

2、磷脂、胆固醇在体内的转运与利用：

1) **磷脂**：随食物进入消化道在小肠被磷脂酶水解为甘油+脂肪酸+磷酸+胆碱或乙醇胺，

然后再被吸收。一部分未经水解（约 25%未经水解，以分散极细微的乳融状态直接吸收到门静脉入血）直接随乳糜微粒进入体内，其吸收机制与脂肪相似。

2) **胆固醇**：食物中胆固醇及酯需在胆汁和脂肪的存在下才能被肠道吸收，在小肠黏膜与脂蛋白结合，随乳糜微粒进入血流。平均吸收约 500-800mg/d。血中胆固醇一部分直接排入肠道；另一部分在肝内合成胆汁酸经胆道排入肠，大部分重吸收，进行肝肠循环；还有少量胆固醇在性腺及肾上腺皮质可转化为性激素和肾上腺皮质激素，或在肝和肠道内脱氢成为 7-脱氢胆固醇；仅少量在大肠内经细菌分解还原为粪固醇排出。正常人血中胆固醇浓度为 150-280mg/100ml。

胆固醇代谢受食物因素影响：如豆固醇、谷固醇、食物纤维、姜等可减少其吸收，牛奶可抑制其生物合成，大豆可增加其排泄，蘑菇可改变血浆和组织间胆固醇的平衡，肝脏通过合成、破坏、排泄来调节血清中游离胆固醇浓度。

五、脂类的生理功能：

1、**提供能量**：是机体的“燃料仓库”，饥饿时机体首先消耗糖原、体脂，保护 Pro。人体细胞除红血球和某些中枢神经系统外，均能直接利用脂肪酸作为能量来源。

2、**提供必需脂肪酸**：

3、**构成身体组织细胞**：**磷脂**是构成细胞膜、神经髓鞘外膜和神经细胞的组成成分。**固醇**是体内制造固醇类激素的必需物质。**类脂**是细胞结构的基本原料。

4、**脂溶性维生素的携带者并协助其吸收利用**：

六、脂肪代谢异常：

肝是脂类代谢的重要场所。脂类的改造、合成、分解、酮体的生成、脂蛋白的代谢都在肝中进行。这些代谢过程发生障碍，肝脏脂类代谢会失去平衡而发生酮尿症、脂肪肝等疾病。

七、食用油脂的营养价值评价：

1、**食脂的消化率**：与其熔点有密切关系。油脂的消化率和吸收速度直接说明了油脂的利用率，消化率高，吸收速度快的油脂，利用率就高。

2、**油脂稳定性**：油脂在空气中长时间放置或受不利因素影响发生变质酸败，不仅有异味，且营养价值下降，因其中的维生素、脂肪酸被破坏，发热量下降，甚至产生有毒物质，不宜食用。

3、**脂肪酸和维生素的种类和含量**：油脂中必需脂肪酸含量高、脂溶性维生素高，被认为营养价值高。植物油是必需脂肪酸亚油酸的主要来源。某些植物油中含的谷固醇能抑制胆固醇在肠的吸收，有利于防止高血脂症和动脉粥样硬化。

八、脂肪的食物来源和推荐摄入量：

1、**推荐摄入量**：膳食中脂肪的推荐摄入量因年龄、季节、劳动性质和生活水平而定。但脂肪的热比应保持适中。我国居民膳食脂肪 AI 为成人 20%-30%，儿童少年为 25%-30%。

2、**摄入脂肪的种类**：一般认为动物油脂与植物油混合使用，利于健康。原则上提供适量的必需脂肪酸，一般认为至少应占每日总能量的 2%。

3、**脂肪的食物来源**：油脂主要来源于各种植物及动物脂肪，坚果中的脂肪也很高，可作为膳食脂肪的辅助来源。

植物性食品如大豆、花生、芝麻等含油较丰富；另外，蘑菇、蛋黄、核桃、大豆、动物脑、心、肝、肾等富含磷脂；乳脂、蛋黄是婴幼儿脂类的良好来源。一般的谷物、蔬果类食物油脂含量甚微，作为油脂的来源没有实际意义。

动物性食物脂肪含量视品种、部位而异，与乳、蛋一样，会受气候、饲养条件的影响，如肉类脂肪量肥瘦猪肉 59.8%、牛肉 10.2%、鸡肉 2.5%；同一动物组织部位不同差异大，如肥猪肉 90.8%、瘦猪肉 15.3%-28.8%、猪肚 2.7%、猪肝 4.5%、猪肾 3.2%。

第四节 蛋白质

一、蛋白质的分类及必需氨基酸：

1、食物蛋白质的分类：

1) **完全蛋白质**：能维持动物的生存并能促进幼小动物的生长发育。如乳中的酪蛋白、乳白蛋白、蛋类中的卵白蛋白及卵黄蛋白、肉类中的白蛋白和肌蛋白、大豆中的大豆蛋白、小麦中的麦谷蛋白和玉米中的谷蛋白等，都是完全蛋白质。

2) **半完全蛋白质**：这类蛋白质若作为膳食中唯一的蛋白质来源时可维持动物生存，但不能促进生长发育。如小麦和大麦中的麦胶蛋白。

3) **不完全蛋白质**：当把这类蛋白质作为膳食中唯一的蛋白来源时，它既不能促进生长发育，也不能维持其生存。如玉米中的玉米胶蛋白、动物结缔组织、肉皮中的胶质蛋白、豌豆中的豆球蛋白。

2、必需氨基酸：

人体蛋白质由 20 余种氨基酸组成，其中有 8 种是人体不能合成但又是维持机体氮平衡所必需的，必需由食物供给，叫必需氨基酸（亮、异亮、赖、蛋、苯丙、苏、色、缬）。体内虽能合成组氨酸但速度太慢，不能满足身体需要，也可列入。

3、半必需氨基酸：

胱、酪、精、丝和甘氨酸在体内虽能合成，但其合成原料是必需氨基酸，且胱氨酸可取代 80%-90%的蛋氨酸、酪氨酸可取代 70%-75%的苯丙氨酸，如长期缺乏，可能引起问题，称半必需氨基酸。

二、蛋白质在体内的动态变化：

1、氮平衡：

1) **正氮平衡**：氮摄入>氮排泄。人体组织中 Pro 合成速度>损失速度，人体组织会增加。见于生长期儿童少年、孕妇乳母及病后的恢复等，应保持正氮平衡。

2) **负氮平衡**：氮摄入<氮排泄。如饥饿、消耗性疾病、膳食中缺乏蛋白质等，由于分解高于摄入，可出现日渐消瘦，抵抗力下降等。

3) **氮平衡**：出入一致。认为此人处于氮平衡状态，摄入的蛋白质正好可修补和更新人体组织，但人体组织未见增加或长大。

排泄氮=尿氮（尿素、氨、尿酸和肌酐）+粪氮（肠道分泌物、肠道脱落细胞中的氮在粪便中排出）+皮肤排出氮（含氮物如表皮细胞、毛发、分泌物等在体表部分丧失）。

2、AA 在体内的转运、贮存和利用：

机体在食物中取得的蛋白质在胃肠中经多种消化酶的作用分解为多肽和氨基酸，在小肠吸收，经门静脉入肝。一部分在肝内分解或合成蛋白质，另一部分在循环系统随血液分布到各组织器官，任其选用，合成各种特异性的组织蛋白质。

消化道内蛋白质平均吸收率约 92%。未被消化的蛋白质在大肠内受到细菌的作用发生腐败分解产生胺、酚、吲哚等有毒物质，大部分随粪便排出体外，少量被肠黏膜吸收，随血液运往肝脏进行生理解毒后随尿排出，不致发生中毒。

各种组织的细胞能够贮存蛋白质的量有一个最高限度，多余的氨基酸则通过血液返回肝脏经过脱氨基作用后进行代谢或氧化产能或转化为脂肪贮存。

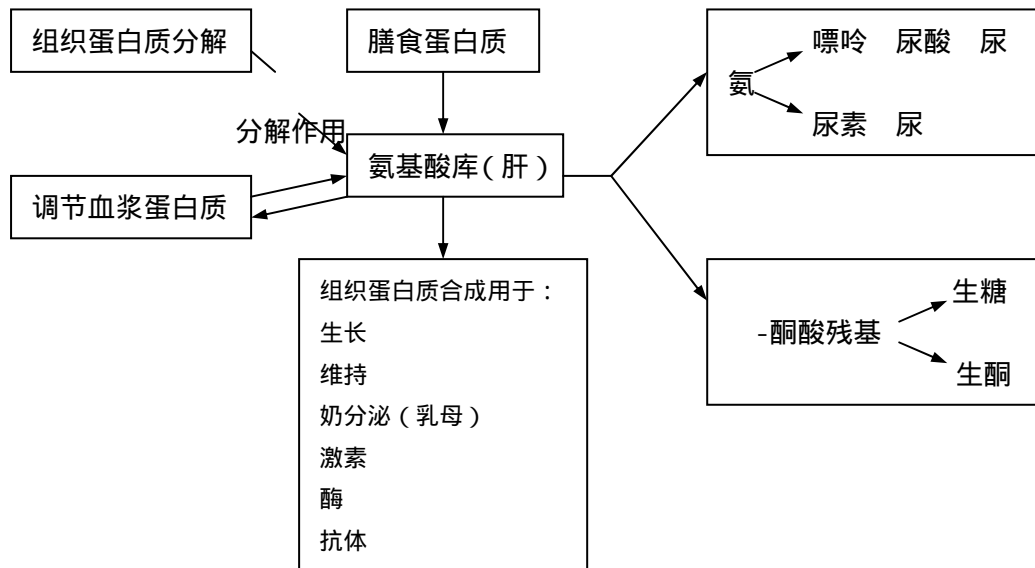


图 3-5 蛋白质的功能及在体内的动态

体内 AA 动态平衡以血液氨基酸为平衡枢纽，肝脏是血液氨基酸的重要调节者。血液氨基酸来源有三：食物蛋白质；组织蛋白质分解；碳水化合物和脂肪的转变。血液中氨基酸去路有四：合成组织蛋白质；变成酶、激素、抗体和肌酸等含氮物质；转变成碳水物和脂肪；氧化成二氧化碳、水和尿素并产生能量。

三、蛋白质的生理功能：

1、**供给生长、更新和修补组织的材料**：是构成生物细胞原生质的重要成分，成年人体内约含 16.3%的蛋白质。机体生长发育需要蛋白质组成新的细胞组织。胶原蛋白、弹性蛋白等在骨骼、肌腱和结缔组织中成为身体支架，起支架作用。

2、**参与构成酶、激素和部分维生素**：酶的本质是蛋白质，如淀粉酶、胃蛋白酶、转氨酶等，起催化和调节机能作用。含氮激素的成分是蛋白质或其衍生物，如生长激素、促甲状腺激素、肾上腺素、胰岛素等。有的维生素是由氨基酸转变或与蛋白质结合存在，烟酸可由色氨酸转化，生物素与赖氨酸的-NH₂结合成肽。

3、**调节体液与酸碱平衡**：人体内的水平衡和渗透压平衡受血浆蛋白调节，即蛋白质可保持水分在体内的正常分布。蛋白质还是两性物质，为维持酸碱平衡的有效物质。

4、**供给热能**：当碳水物或脂肪供能不足，或蛋白质摄入量超过体内蛋白质更新的需要时，蛋白质也是热能来源。

5、**增强免疫力**：机体体液免疫主要由抗体和补体完成，构成白蛋白和抗体补体需有充足的蛋白质。吞噬细胞的作用与摄入蛋白质量有密切关系，大部分吞噬细胞来自骨髓、肝、脾、淋巴组织。长期缺乏蛋白质，这些组织显著萎缩，失去制造白细胞和抗体的能力，吞噬细胞在质和量上都不能维持常态，使机体抗病力下降，易感染疾病。

6、**维持神经系统的正常功能**：蛋白质占人脑干重的一半。脑在代谢过程中需大量 Pro 自我更新。神经系统功能与膳食蛋白质的质和量有密切关系，其质量的改变可明显地影响大脑皮层的兴奋与抑制过程，其含量的大增大减不仅破坏兴奋与抑制过程的平衡，且常引起神经衰弱状态，进而影响激素的产生和神经体液的调节，导致代谢障碍。

7、**遗传信息的控制**：遗传的主要物质基础是染色体，含 RNA 的核蛋白是染色体的主要化学成分。表达丰富遗传信息的核酸也受 Pro 和其它因素的制约。

8、**运输功能**：蛋白质具运输功能，在血液中起载体作用，如血红蛋白携带 O₂，脂蛋白是脂类的运输形式，运铁蛋白运铁，甲状腺素结合球蛋白运输甲状腺素等。

9、**参与凝血过程，防止创伤后过度出血**：凝血过程是在 VK 和 Ca²⁺参与下，由血浆中多种蛋白质协同完成的。

10、**肌肉收缩**：与肌纤凝蛋白有关。肌肉是占人体百分比最大的组织，通常约为体重的 40%-45%。机体的一切机械运动及各种脏器的重要生理功能如肢体运动、心脏搏动、血管收缩、胃肠蠕动、肺的呼吸以及泌尿、生殖过程都是通过肌肉的收缩来完成的，

而这些均由肌动球蛋白来完成。

四、食物蛋白质的营养评价：

1、食物中蛋白质含量：

各种食物中蛋白质的组成成分不同，因而其营养价值也不一样，所以评价食物中蛋白质营养价值高低，受很多因素影响，主要是食品中蛋白质的含量、组成与性质。总的说来，一是从“量”的角度，二是从“质”的角度来进行综合评价。通常将营养价值较高的蛋白质称为完全蛋白质或优质蛋白质，如蛋、乳、鱼、肉和大豆等。而将营养价值较低的蛋白质称为不完全蛋白质，如一般植物性食品及由结缔组织而来的白明胶。

2、蛋白质的消化率：

是指一种食物蛋白质可被消化酶分解的程度。蛋白质消化率愈高，则被机体吸收利用的可能性越大，营养价值也越高。食物中蛋白质的消化率可由人体或动物实验测得，以蛋白质中能被消化吸收的氮的数量与该种蛋白质含氮总量的比值来表示。

$$\begin{aligned}\text{蛋白质的消化率(真消化率)} &= \text{食物中被消化吸收氮的量} / \text{食物中含氮总量} * 100 \\ &= [\text{食物中含氮量} - (\text{粪 N} - \text{肠道代谢废物 N})] / \text{摄入 N} * 100\end{aligned}$$

$$\text{蛋白质的表观消化率} = (\text{食物 N} - \text{粪 N}) / \text{食物 N}$$

粪 N：代表食物中不能被消化吸收的氮。

肠道代谢废物 N：受试人完全不吃含蛋白质食物时，测定其粪便中含氮量。

消化率的影响因素很多，不仅与食物来源有关，也与人的消化功能等有关。

3、蛋白质的利用率：指食物蛋白质被消化吸收进入人体内后被利用的程度。测定蛋白质利用率的指标和方法很多。包括：

1) 蛋白质的生物价(BV)：以食物蛋白质在体内被吸收的氮与吸收后在体内储留真正被利用的氮的数量比来表示，即蛋白质被吸收后在体内被利用的程度。

$$BV = \text{N 在体内的储留量} / \text{N 在体内的吸收量} * 100$$

$$\text{储留 N} = \text{摄入 N} - (\text{粪 N} - \text{肠道代谢废物 N}) - (\text{尿 N} - \text{尿内源 N}) = \text{吸收 N} - (\text{尿 N} - \text{尿内源 N})$$

$$\text{吸收 N} = \text{摄入 N} - (\text{粪 N} - \text{肠道代谢废物 N})$$

尿内源 N：机体不摄入蛋白质时，肠中所含有的 N，来自组织蛋白质的分解。

蛋白质的互补作用：不同食物中组成蛋白质的氨基酸相互比值各不相同，若将不同的食物适当混合再食用，使不同的食物蛋白质之间相对不足的氨基酸相互补偿，使其比值接近人体需要的模式而提高蛋白质的营养价值，这种现象称为蛋白质的互补作用。

2) 蛋白质的净利用率(NPU)：即在一定条件下，在体内储留的蛋白质在摄入蛋白质中所占的比例。NPU 将蛋白质的消化率与 BV 结合起来，用于评价食物蛋白质的营养价值。

$$NPU = (\text{N 储留量} / \text{N 摄入量}) * 100 = BV * \text{消化率}$$

3) **蛋白质的功效比 (PER)**: 表示实验动物在规定的实验条件下每摄取 1g 蛋白质体重增加的量。一般以含受试蛋白质 10% 的合成饲料喂养 28d, 计算动物每摄入 1g 蛋白质所增体重的克数。

$$\text{PER} = \text{动物体重增加克数} / \text{摄入食物蛋白质克数}。$$

4、**相对蛋白质值 (RPU)**:

将受试食物的蛋白质按 3-4 种不同剂量喂饲正在生长发育的大鼠 (6 只/组), 并将其生长速度 (体重增加克数) 与蛋白质剂量 (饲料中%) 绘成回归线, 求出斜率。利用率越高的蛋白质, 斜率越大。同时以乳白蛋白作为参考标准, 将其回归线斜率作为相对蛋白质值 100, 求出其它蛋白质的 RPU。

$$\text{RPU} = (\text{蛋白质回归线斜率} / 13.09) * 100$$

5、**氨基酸评分法** (也称化学分或蛋白质分; AAS):

由食品蛋白质中必需 AA 的含量与相互比值决定。通常将鸡蛋蛋白质作为参考蛋白质, 评定一种蛋白质的营养价值时, 可将其必需氨基酸含量逐一与此种参考 AA 构成比例相比较, 并按下式计算:

$$\text{AAS} = \text{每克待评蛋白质中某种 AA (mg)} / \text{参考蛋白质中该种 AA (mg)} * 100。$$

氨基酸分: 通常指受试蛋白质中第一限制 AA 与理想 AA 模式中相应 AA 的比值, 作为该蛋白质的 AAS。实际工作中通常只采用: 赖氨酸、含硫氨基酸 (蛋、胱) 或色氨酸。

限制性 AA: 体内蛋白质代谢中各种必需 AA 存在一个相对比值以适应人体蛋白质合成的需要。如某一种或几种必需 AA 缺少或数量不足, 就使食物蛋白质合成为机体蛋白质的过程受到限制, 即限制了此种蛋白质的营养价值, 这一种或几种 AA 就被定为该蛋白质的限制性 AA。如谷类限制性 AA 为赖氨酸, 其次为蛋氨酸和苯丙氨酸; 而大豆、花生、牛奶、肉类相对不足的限制性 AA 为蛋氨酸, 其次为苯丙氨酸; 此外, 小麦、大麦、燕麦和大米还缺乏苏氨酸 (第 2 限制 AA), 玉米缺色氨酸 (第 2 限制)。

五、影响蛋白质在体内利用效果的因素:

1、**消化率**: 大多数动物蛋白质的氨基酸吸收效率高, 但很多植物性蛋白质未必如此。

2、**氨基酸组成不平衡**: 当膳食中加入单一氨基酸或氨基酸混合物而降低了膳食蛋白质的利用时, 将出现某种类型的氨基酸不平衡。当蛋白质摄入量低时, 即使小量增加某些氨基酸浓度, 也使其它氨基酸的需要增加。

3、**摄入热能不足**: 单独食用蛋白质而无糖类相伴时, 则它们不可能被用来建造和修补组织。如热能供给充足, 蛋白质在体内的利用效果才主要由蛋白质的需要量和质量来决定。对补充的膳食蛋白质的充分利用需摄取适当的热量来保证。为节约蛋白质, 每日需摄取 50-100g 可消化的碳水物。

4、**维生素和矿物质**: 对正常生长和代谢所需要的任何一种必需矿物质和维生素都能

影响膳食蛋白质的利用。当维生素和矿物质减少到一定程度时便导致体内物质的减少。

5、**非必需氨基酸氮**：非必需氨基酸仍然是蛋白质分子的主要部分。如食物中必需氨基酸占全氮的比例太高则将被用作非必需氨基酸的氮源。

6、**食品加工**：加工过程中的加热和使用化学品能影响氨基酸的有效性。

7、**体力活动少**：经常从事体力活动的人肌肉发达。同一个体，长期不从事体力活动，在体重不变的情况下，会肌肉松弛而体脂增加。

8、**伤害**：受伤后氮排泄会增加，采用普通膳食的人，每天损失的氮可高达 20g。

9、**情绪波动**：忧虑、恐惧、发怒等异常精神压力使肾上腺激素分泌量增加，促使糖原分解加速，并促进脂肪氧化及蛋白质分解。

六、蛋白质-能量营养不良：

1、加西卡病：

由于蛋白质缺乏而引起的严重临床综合征被称为加西卡病，即热能摄入基本满足而蛋白质严重不足的儿童营养性疾病。主要表现为腿腹部水肿、虚弱、情感淡漠、易感染其它疾病等；生理上的变化有牙齿生长延迟、牙珐琅质龋死及因贫血引起的牙床和黏膜苍白。另一种情况为蛋白质-能量摄入均严重不足的儿童营养性疾病，患儿消瘦无力，易感染其它疾病而死亡。

2、引起蛋白质缺乏的原因有：

一是膳食中蛋白质-能量供给不足；二是疾病和老龄会妨碍蛋白质消化和吸收；三是一些疾病如肝脏病变造成蛋白质合成障碍；四是由于创伤、手术、甲状腺功能亢进等可加速组织蛋白质的分解破坏，造成氮负平衡。

七、蛋白质的供给量和食物来源：

1、蛋白质需要量：

1) **生理需要量**：指维持生命和保证生长发育所需要的蛋白质量。包括内源代谢废物 N-尿素、皮肤排出、新组织细胞形成。

2) **供给量**：是在生理需要量上加一定的安全系数，以消除个体差异和食物 Pro 品质优劣，而维持高度的健康水平和工作能力。WHO (1985) 健康成人 N 平衡研究表明，在短期 N 平衡 (1-3 周) 研究时人体对优质 Pro 的平均需要量是 0.63g/d/kg；长期 N 平衡研究 (1-3 月) 人类对优质 Pro 的平均需要量为 0.58g/d/kg；FAO/WHO 决定其平均值为 0.60g/d/kg 作为成人对优质 Pro 的平均需要量。在平均需要量 0.60g/d/kg 之上再加上 25% 规定为“安全摄取量”=0.75g/d/kg (可满足人群中 97.5% 个体的需要，按优质 Pro)。

我国膳食蛋白质来源多为植物性，其质量和消化率不如动物蛋白，因此标准较高，在 0.9-1.2g 范围。我国成人中体力活动男、女 RNI 分别为 80 和 70g/d。

2、蛋白质的食物来源：

动物食品中蛋白质质量较高，畜、禽肉和鱼类蛋白质 10%-20%、鲜奶约 3%、蛋类 11%-14%、干豆类 20%-40%、花生核桃等硬果 15%-30%、薯类 2%-3%、谷物约 6%-10%。

八、具有特殊功效的肽与氨基酸：

1、牛磺酸：

广泛存在于动物组织和植物中，在机体内分布于中枢神经系统、视网膜、肝、骨骼肌、心肌、血细胞、胸腺及肾上腺等，尤以脑组织和心脏的浓度高。牛磺酸是一种人体必需的营养素，具多种生理功能：保护视网膜，维护视网膜光感受活性。体内氧化物质的清除剂。可与胆碱结合形成硫磺胆酸，参与脂类的消化吸收，降低血小板聚积。可改善肝功能、抑制血压上升、增强心脏收缩力、提高胰岛素活性等。

牛磺酸在营养上是非常重要的，但在体内可由蛋氨酸、半胱氨酸合成，当体内牛磺酸不足时还可通过肾脏重吸收和减少排泄，以维持体内含量的稳定。从食物中获得的过量牛磺酸则从尿中排出，一般不会缺乏。但婴幼儿由于体内牛磺酸合成所需的半胱亚磺酸脱羧酶活性较低，合成量不敷需要，人工喂养儿需补充。人乳含丰富的牛磺酸 200-480 克分子/升，同时含有胆汁酸盐激活脂酶，因此，母乳喂养有利于婴儿对脂肪的消化吸收。

2、精氨酸：

非必需 AA。在有些情况（机体发育不成熟或在严重应激条件）下，如缺乏精氨酸，机体便不能维持正氮平衡与正常生理功能，会导致血氨过高，甚至昏迷。精氨酸可刺激垂体分泌生长激素，对促进儿童生长有作用。精氨酸还可促进胶原组织的合成，有促进伤口愈合的作用。补充精氨酸能增加胸腺重量，防止胸腺的退化，促进胸腺中淋巴细胞的生长。在免疫系统中，除淋巴细胞外，吞噬细胞的活力也与精氨酸有关。加入精氨酸后，可活化其酶系统，使之更能杀死肿瘤细胞或细菌等靶细胞。补充精氨酸还能减少患肿瘤动物的肿瘤体积，降低肿瘤的转移率，提高动物的存活时间与存活率。可增加肝脏中精氨酸酶活性，有助于将血液中的氨转变为尿素排泄出去。

3、谷氨酰胺：

在剧烈运动、受伤、感染等应激条件下，谷氨酰胺需要量>>机体合成谷氨酰胺的能力，使体内谷氨酰胺含量降低，蛋白质合成减少，出现小肠黏膜萎缩与免疫功能低下现象。生理功能主要有：其酰胺基上的氮是生物合成核酸的必需物质。还是器官与组织之间氮与碳转移的载体。是蛋白质合成与分解的调节器，可形成其它氨基酸。是肾脏排泄氨的重要物质。是小肠黏膜的内皮细胞、肾小管细胞、淋巴细胞、肿瘤细胞与成纤维细胞能量供应的主要物质。是防止肠衰竭的最重要营养素，也是目前为止人体是否发生肠衰竭的唯一可靠指标。

4、谷胱甘肽：

由谷氨酸、半胱氨酸和甘氨酸通过肽键连接的三肽。分子中有1个活泼的巯基，易被脱氢氧化而有较强的还原性，在体内可清除自由基，防止体内活性物质氧化。GSH对放射线、抗肿瘤药物所引起的白细胞减少有恢复保护作用，对有毒化合物、重金属等有解毒作用，还可抑制由于乙醇侵袭而出现的脂肪肝的发生。

第五节 矿物质和水

人体具有一定的化学组成，这些元素在体内按严格的规律和方式，有条不紊地进行一系列互相联系的化学反应，其中C、H、O、N构成有机物质和水（约占体重的96%），其余为人体功能所必需的无机元素，称无机盐。与有机营养素不同，它们既不能在人体内合成，除排泄外，也不能在体内代谢过程中消失，基于在体内的含量和膳食中需要不同，分为两类：一是常量元素，体内含量 $>0.01\%$ ，需量 100mg/d ，体内含较多的有Ca、P、S、Na、K、Cl、Mg等。二是微量元素，仅含微量或超微量，有Fe、I、Cu、Zn、Se、Mo、Co、Cr、Mn、F、Ni、Si、Sn、V等。前8种目前被认为是人体必需的微量元素；后者是人体可能必需的。无机盐的一般生理功能包括：

1、参与机体组织的构成：

是骨、牙、神经、肌肉、筋腱、腺体、血液的重要组成成分；头发、皮肤及腺体分泌物中，都含有本身所特有的一种或多种元素。

2、调节生理机能，维持人体正常代谢：

许多无机盐以离子形式协同作用，为生命活动提供适宜的内在环境，有的构成金属酶和酶系统的活化剂，在调节生理机能、维持正常代谢方面起重要作用。

1) 维持体液渗透压、保持水平衡：无机盐中正、负离子在血细胞和血浆中分布不同，加上Pro和重碳酸盐的作用，维持体液渗透压，使组织贮留一定量水分，保持水平衡。

2) 维持体液中和性，保持酸碱平衡：细胞活动必需在近于中性的环境中进行，人体内环境的酸碱度受到精确调节。体液中主要正负离子的当量总浓度相等，从而维持体液中和性（酸碱食物搭配对体液酸碱平衡有一定意义）。

3) 维持神经、肌肉应激性、维护心脏正常功能：必需使 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 保持一定比例。而钙镁钾和一些微量元素对维护心脏正常功能、保护心血管健康有重要作用。

4) 供给消化液中电解质，是消化酶的活化剂，对消化过程有重要意义：消化道的酸碱度取决于消化液中电解质。 Cl^- 活化唾液淀粉酶； HCl 对胃蛋白酶原的活化。

5) Mg 、 P 、 K 等微量元素一起参与生物氧化，调节能量代谢和物质代谢：无机盐代谢与年龄、摄入量、活动情况、需要量及有无V均有密切关系。食物中无机盐的吸收与其化学性质、肠内环境、机体需要程度、无机盐在肠内停留时间等因素有关。

一、钙：

1、人体含量及存在：

一般情况下成人体内含钙量 1200-1500g,其中 99%与磷形成骨盐集中于骨骼和牙齿。其余 1%的钙或与柠檬酸螯合或与 Pro 结合,但多以离子状态存在于软组织、细胞液及血液中,这一部分钙统称混溶钙池。

2、吸收及代谢：

1) **吸收**：主要在酸性较高的小肠上段,特别是十二指肠吸收(主动),但吸收不完全,70%-80%与植酸、草酸及脂肪酸形成不溶性钙盐,仅有 20%-30%被小肠吸收。

吸收率的影响因素：身体对钙的需要量。凡是能降低肠道 pH 的物质或增加钙溶解度的物质均可促进其吸收。此外,膳食钙的摄入量、食物中其它成分、肠道功能状态、VD 及甲状旁腺素对钙的吸收都有不同程度的影响。一般认为 VD 和机体对钙的需要是决定钙吸收的主要因素。干扰钙吸收的因素有：VD 缺乏；钙/磷比不平衡 (<1 岁, 1.5:1 ; >1 岁, 1:1); 食物中植酸、草酸高；膳食中脂肪过多,食物纤维中糖醛酸残基与钙结合亦可影响钙的吸收。

2) **钙的贮留**：机体可根据其需要增强或减弱对钙的吸收与排泄,使成年人维持平衡、正在生长发育的机体维持正钙平衡。调节以上平衡关系的有：甲状旁腺激素作用于破骨细胞与促进肾小管对钙的再吸收,增强溶骨作用,使血钙升高。降钙素促进成骨作用,降血钙,加强成骨细胞活性。维生素 D 促进钙的吸收,提高血钙水平,利于成骨作用。

3) **钙的排泄**：代谢后的钙主要通过肠、肾、消化腺及汗腺(粪、尿、汗)几条途径排出不需要的钙。粪钙多是未被吸收的钙,其次为内源性粪钙(约 150mg/d),来自脱落的上皮细胞和消化液；尿排泄钙约 150mg/d；汗钙约 15mg/d。

3、生理功能：

钙是构成骨齿的主要成分。1%的钙调节以下生理功能：

- 1) 降低毛细血管和细胞膜的通透性,防止渗出,控制炎症和水肿；
- 2) 可刺激多种酶包括 ATP 酶、琥珀酸脱氢酶、脂肪酶和蛋白分解酶等；
- 3) 正常的神经脉冲传导需钙的参与(乙酰胆碱释放需钙),肌肉的收缩舒张与钙有关,Ca、Mg、K、Na 保持一定比例是促进肌肉收缩、维持神经肌肉应激性所必需的。钙能降低神经肌肉的兴奋性,如血清钙浓度低于 7mg%,则兴奋性增加,发生抽搐。
- 4) 钙对心肌有特殊影响,钙与 K 相拮抗利于心肌收缩,维持心跳节律；
- 5) 血液凝固,在凝血酶原转变为凝血酶时,钙起催化剂的作用,然后凝血酶将纤维蛋白原聚合为纤维蛋白造成血的凝固；
- 6) 某些激素的分泌与钙有关。

4、缺乏症：

1) **佝偻病**：儿童由于缺 Ca、P、VD 严重时引起的。典型症状：前额突出似方匣,鸡胸、脊柱弯曲、腕和踝骨增大,弓型腿、膝外翻以及生长发育迟缓等。

2) **骨质软化症** (成人佝偻病)。膳食中长期缺 Ca、P、 V_D 引起。特点是骨骼变软易弯曲，致四肢、脊柱、胸廓和盆腔畸形，骨改变还可伴随背下部和腿部的风湿疲劳。

3) **骨质疏松症**：常见于 50 岁上老人，特别是绝经期后妇女由于体内激素代谢失调或成年早期长期低钙膳食引起。中老年人缺乏必要的体力活动也有关。症状：矿物质降低，背下部疼痛，骨的质量下降，伴随身高下降、骨质酥脆，断裂后恢复慢。

4) **手足抽搐症**：血清钙的异常下降可导致手足抽搐症，其特点为严重的、间隙性的痉挛性肌肉收缩和肌肉痛。另外，缺钙使血钙浓度降低，神经肌肉兴奋性增加，导致肠壁平滑肌强烈收缩而引起腹痛。

5、食物来源及供给量：

以乳及乳制品最好。豆类和蔬菜含钙也丰富。虾皮、蛤蜊、蛋黄、糟蛋、酥鱼、骨粉、海带、芝麻和豆制品等也相当高。硬水中也含钙，饮用硬水约可从中获得 200mgCa/d。我国成人钙的 AI 为 800mg/d；UL 为 2000mg/d。

二、磷：

1、人体含量：

正常人体含磷 1%，成人人体内骨中含 600-900gP，约占机体总 P 的 80%。

2、生理功能：

1) 是体内软组织结构的重要成分，如很多结构 Pro 都含磷 (DNA、RNA、胞膜的类脂)。磷作为核酸、磷脂及辅酶的组成成分参与非常重要的代谢过程。

2) 碳水物和脂肪的吸收代谢都需要通过含磷的中间产物。

3) 参与 ATP、C-P 等供能贮能物质，在能量产生、传递过程中起非常重要的作用。

4) VB 族 (B1、B2、 V_{pp} 等) 只有经过磷酸化才具活性，发挥辅酶作用。

5) 磷酸盐组成缓冲系统，参与维持体液渗透压和酸碱平衡。磷在体内所起的作用没有一种矿物元素能超过它，全身每一个细胞都含磷。

3、吸收和代谢：

其吸收、代谢过程与钙相似 (吸收率约为 45%)。Ca/P 适当，约 70% 可被小肠吸收。食物中大部分是磷酸酯的形式，吸收前必需裂解为游离磷再以无机磷酸盐形式被吸收。排泄主要经肾脏，不能吸收者随粪便排出。

4、供给量和食物来源：

磷在食物中分别很广，瘦肉、蛋、鱼 (子)、动物肝、肾中含量都很高。海带、芝麻酱、花生、豆类、坚果、粗粮中含磷也较高。我国成人磷的 AI 为 700mg/d；UL 为 3500mg/d。

三、铁：

1、人体中的含量和存在：

健康成人体内含铁 0.004%，约 3-5g。其中 60%-75%存在于血红蛋白中，约 3%在肌红蛋白中，各种酶系统中不到 1%，其余为贮存铁、运输铁等，无游离铁离子存在。

2、吸收及代谢：

食物铁受胃酸作用释放出 Fe^{2+} 后与肠内 Vc、某些糖及 AA 等形成螯合物在小肠上部吸收，胃和空肠上段也可吸收。膳食铁的吸收率约为 10%-20%，动物铁较植物铁易吸收。

铁主要以铁蛋白的形式储存于肝、脾、骨髓及肠黏膜细胞中，总量约 1g。铁在体内的代谢中可反复被利用。红细胞因无细胞分裂能力，平均寿命 120d，衰老的红细胞被破坏分解为胆红素、AA 及铁，又通过血液循环运输到红骨髓参与造血，这样的铁每日约 20-25mg（绝大部分铁在代谢过程可反复被利用或贮存）。

铁的丢失主要通过肠黏膜和皮肤脱落的细胞，其次随汗和尿排出。一般情况下，铁的绝对丢失量很少。

3、生理功能：

是组成血红蛋白的主要原料，还是肌红蛋白、细胞色素酶、过氧化物（H）酶的组成成分，在生物氧化过程和呼吸中起重要作用。作为碱性元素，也是维持机体酸碱平衡的基本物质之一。

4、缺乏症：

食物中供给不足会发生缺铁，机体缺铁使血红蛋白下降，引起营养性贫血和许多器官组织的生理功能异常，临床表现为食欲下降、烦躁乏力、面色苍白、毛发枯黄、头晕眼花、免疫功能降低、指甲脆薄和指甲凹陷等。有的人还会出现呕吐、腹泻、易怒、失眠等症状。

5、铁过量：

发生血色病。受害最明显的是心血管系统。人体中铁蛋白的主要作用是贮存铁，在铁过剩时以无毒的形式将铁储存于细胞内，肌体需要时再释放出来。过多的贮存铁会使“氧自由基”生成增加，破坏健康的动脉内壁和心肌组，造成超氧化损害，引起心血管疾病。

6、铁在食物中的存在形式及吸收率：

1) 非血红素铁或离子铁：这类铁主以 $Fe(OH)_3$ 络合物的形式存在于食物中，与其结合的有机分子有 Pro、AA 及其它有机酸等。吸收影响因素有：

- A、必需先被消化成可溶性 Fe^{2+} 的复合物才可被吸收，胃酸很重要，可使铁在胃内形成一种复合物并在肠内维持可溶状态；
- B、食物中有机酸、Pro、果糖、山梨醇、Vc 都能促进铁的吸收。
- C、食物中的植酸根或磷酸根可形成不溶性铁盐，降低铁的吸收率。
- D、食物中铜可促进铁の利用；

E、肉、鱼、禽类动物性食品因含肉类因子，不但自身所含铁利用率高，还可提高非血红素铁的利用率。

F、膳食中磷过高、钙太低或缺 VA、Vc 均可妨碍铁的吸收。

2) **血红素型铁**：与血红蛋白或肌红蛋白的卟啉结合的铁，不受植酸、磷酸的影响，也不受 Vc 的加强作用，以卟啉形式直接被肠黏膜上皮细胞吸收，然后在黏膜细胞内分离出铁与铁蛋白结合，吸收率较高。

4、食物来源及供给量：

良好来源为动物肝脏、全血、肉类及某些蔬菜（油菜/小白菜）等。牛奶是贫血食品。蛋黄吸收率不高，但含铁丰富，仍是婴儿良好的辅助食品。

铁供给量不仅包括生长所需要的铁，也包括补偿丢失的部分。应考虑不同生理条件及铁的食物来源。我国成年男、女铁的 AI 分别为 15、20mg/d。

四、锌：

1、人体含量及存在：

含量仅次于铁的微量元素。在人体中约为铁的一半（1.4-2.3g），一切器官都含锌，如皮肤、骨骼、内脏、前列腺、生殖腺和眼球的含量都很丰富。血液中锌主要以含锌金属酶形式存在。发锌量可反映膳食锌的长期供给水平。

2、吸收及代谢：

与铁相似。食入锌 15min 后开始被吸收，随血流入肝、胰、肾、脑下垂体，然后进入红细胞和骨骼，4h 后血浆锌浓度达到高峰。锌主要由肠道排出，肾脏和皮肤亦可排出一定量，每日尿中锌排出量约 300-700mg，汗 1mg/L。

3、生理功能：

是体内许多金属酶（醇脱氢酶、谷氨酸脱氢酶等）的组成成分或酶的激活剂。与核酸、Pro 的合成，碳水物和 VA 的代谢及胰腺、性腺和脑下垂体的活动都有密切关系。锌能维护消化系统和皮肤的健康，并能保持夜间视力正常。

4、缺乏症：

生长发育停滞，食欲减退，性成熟受抑制，伤口愈合不良等。轻度缺锌状态比较常见，可从患者毛发含锌量作出诊断。

5、食物来源及供给量：

食物含锌量因地区、品种有较大差异。动物食品一般含锌较高，较多的有牡蛎、胰腺、肝、粗粮、干豆、坚果、蛋、鱼、肉。牛奶含锌少，白糖、水果更低。食物精制后锌含量大为降低。发酵食品锌吸收率亦高于未发酵制品。

我国成年男、女锌的 RNI 分别为 15 和 11.5mg/d。

五、碘：

1、人体含量及分布：

成人体内约含碘 25mg，其中约 15mg 存在于甲状腺中，其它则分布在肌肉、皮肤、骨骼中，以及其它内分泌腺和中枢神经系统。碘与血清蛋白结合（PBI）在血中运转。

2、吸收及代谢：

饮食碘经消化道吸收后，随血流送至全身脏器。甲状腺吸碘力最强，可摄取 30% 的碘用于 T₃、T₄，并以甲状腺球蛋白结合而贮存，其余经肾脏排出体外。需要时 T₄ 脱碘变为 T₃，发挥生物活性。

3、生理功能：

通过甲状腺激素实现的。甲状腺激素的生理功能十分广泛，最突出的是促进能量代谢，使糖、脂肪的氧化加强，体内 TCA 循环中的生物氧化过程释放能量，一部分贮存于 ATP，为蛋白质合成及机体生长发育提供充足能量。其余以热能形式维持体温或放散到体外。碘可促进生长发育，估计细胞中约有 100 种以上的酶系统受甲状腺素的影响。

4、缺乏症：

使甲状腺激素分泌不足，生物氧化过程受抑制，ATP 不足，甲状腺功能减退。典型症状为甲状腺肿，其头发粗糙、肥胖及血清胆固醇增加。严重缺碘不仅可发生黏液性水肿，还可遗传，使后代生长停滞、发育不全、智力低下，聋哑矮小，形似侏儒，即“呆小症”，又称“克汀病”。

5、食物来源及供给量：

含碘最丰富的食物为海产品。机体所需碘可从饮水、食物及食盐中取得。预防地方性甲状腺肿可经常食用含碘高的食物如海带、紫菜等海产品。无条件经常食用海产品的内陆山区可采用加碘食盐（NaCl : KI=10 万 : 1），这样摄取食盐 20g/d，可获 KI 200μg，相当于 150μg 碘。我国成人碘的 RNI 为 150μg/d。

六、硒：

1、人体含量、分布及代谢：

体重 70kg 的成年男子含硒约 14-21mg，指甲最多，其次为肝和肾，肌肉和血液中含硒量约为肝的 1/2 或肾的 1/4。食入的硒被肠吸收，3h 后入血，通过肠道和肾脏排出，尿中排出量约为摄入量的 20%-50%，皮肤也可排出微量，

2、生理功能：

1) 硒是谷胱甘肽过氧化物酶的重要组成成分。

2) 一种强抗氧化剂，能保护细胞膜，与 VE 协同作用保护细胞免受过氧化作用的损伤。

3) 硒参加 CoA、CoQ 的合成，在机体代谢、电子传递中起重要作用。硒能调节 VA、Vc、VE、VK 的吸收与消耗。

4) 硒能保护组织不受有毒物质（As、Hg、镉）的损害，对某些化学致癌物有拮抗作用，

可提高血中抗体含量，起免疫佐剂的作用。

3、缺乏症：

食物中硒含量有地区性差异，缺硒地区食管癌、直肠癌和胃癌死亡率高。克山病、儿童恶性营养不良、婴儿急性猝死都可能与缺硒有关。

4、食物来源及供给量：

肝、肾、海产品及肉类为硒的良好来源。谷物含硒量随该地区土壤而定。我国成人硒的 RNI 为 50 μ g/d。

七、水：

水对人类赖以生存的重要性仅次于氧气。1 个绝食的人失去体内全部脂肪、半数 Pro，还能勉强维持生命，但如断水，失去体内含水量的 20%，很快就会死亡。没有水的存在，任何生命过程都无法进行。事实上，人体内只要损耗 5% 的水分而未及时补充，皮肤就会萎缩、起皱、干燥。

1、水在人体中的含量及分布：

成人 50%-70% 是水分。体内水与蛋白质、碳水物和脂肪相结合，形成胶体状态。各部分体液的渗透压相同，其中水分可经常透过细胞膜或毛细血管壁自由地交流，但各自的总量维持相对稳定，保持动态平衡。

2、水的生理功能：

1) **水是细胞的重要组成成分**：所有组织都含水，如血液含水高达 97%，肌肉 72%，脂肪 20-35%，骨骼 25%，坚硬的牙齿也有 10% 的水分。

2) **体内重要的溶剂**：水溶解力强，许多物质都能溶于水，并解离为离子状态，发挥重要的生理功能。不溶于水的 Pro、脂肪分子可悬浮水中形成胶体或乳融液，便于机体消化吸收和利用。水还是体内输送养料和排泄废物的媒介。

3) **物质代谢**：水在体内直接参加氧化还原反应，促进各种生理活动和生化反应的进行。没有水就无法维持血液循环、呼吸、消化、吸收、分泌、排泄等生理活动，体内新陈代谢也无法进行。

4) **调节体温**：水比热大，当外界气温升高或体内生热过多时，水的蒸发可使皮肤散热。天冷时，水储备热量大，人体不致因外界温度低而使体温发生明显的波动。水是血液主要成分，可通过血液循环把物质代谢产生的热迅速均匀地分布到全身各处。

5) **水是润滑剂**：滋润皮肤（柔软性、伸缩性）、泪液（防眼球干燥）、唾液及消化液（咽部润滑、胃肠消化）及人体关节部位，都是相应器官的润滑剂。

6) **水与蛋白质、脂肪和糖代谢关系密切**：体内代谢可产生水。体内存储 1gPro 或碳水物可积存 3g 水分。

3、人体内水的平衡：

1) **体内水分的来源**：摄入食物所含水分约 1000ml /d。食物中 Pro、脂肪和碳水物在

体内代谢产生代谢水(1gPro、脂肪和碳水物分别产生0.41、1.07和0.55g代谢水),荤素搭配的膳食没供100kcal热大约产生12g代谢水,如摄取2500kcal Q,体内生物氧化产生的代谢水约300ml。饮水约1200ml/d。

2) 水的出量:每日水分摄入应与经由肾脏、皮肤、肠和肺等途径排出水分的总量保持动态平衡。每日由尿中排泄的代谢废物和电解质的总量约40-50g,肾脏为排出这些代谢废物至少需要排尿1500ml。皮肤蒸发500ml/d。肺部呼气350ml/d。大肠150ml/d。

第六节 维生素

是维持机体正常生理功能必需的一大类物质。它们化学结构不同、生理功能各异,既不参加组织构造,也不供能量,但它们都能帮助机体吸收大量能源和构成基本物质的原料,起像酶和激素一样的作用。它们既不能在体内合成(V_6 例外),也不能在体内充分储存,每种维生素履行着特殊的功能,但都具以下特点:

- 1、是天然食物的微量成分:这些化合物或其前体化合物都在天然食物中存在。
- 2、是维持机体生长与健康所必需的微量有机物:日需要量少(以 μg 或 mg 计),在机体内不提供能量,一般也不是机体的构造成分。
- 3、一般在体内不能合成或合成数量较少,不能充分满足机体需要,也不能充分贮存,必须经常由食物来供给。
- 4、当膳食中缺乏维生素或吸收不良时可产生特异的营养缺乏症。

一、维生素A(抗干眼病V):

通常指的 V_A 是 V_{A1} ,又名视黄醇; V_{A2} 为3-脱氢视黄醇,活性仅40%;植物中的胡萝卜素具有与 V_A 相似的结构特点,在体内可转化为 V_A 而被称为 V_A 原。

1、VA在体内的吸收、转运和储存:

食物中 V_A 多以视黄醇酯的形式存在。视黄醇酯进入小肠,在肠腔内被吸收入肠黏膜细胞,在肠黏膜细胞内视黄醇又迅速被酯化,经胆汁乳化成乳糜微粒,通过淋巴或血流转运到身体各部,绝大部分(90%)贮存于肝脏,其余部分存在于肺、肾、脂肪等组织中,机体需要再释放入血流。血浆 V_A 是以视黄醇结合蛋白(RBP)形式存在而被转运。

食物中的视黄醇有一小部分在小肠中可氧化为视黄醛和视黄酸而被吸收。视黄醇、视黄醛在体内都有一致的生理功能,但视黄酸对视觉无作用,它很快代谢,通过胆汁或尿液排出。 V_A 能很好地储存于体内,营养良好者肝中可储存 V_A 总量的90%以上。当需要时,视黄基酯被水解为视黄醇,再与RBP结合后释放到血浆中。

2、生理功能:

1) 与视觉有关:是构成细胞内感光物质视色素的组成成分,缺乏时夜间视力下降暗适应力下降,导致夜盲症。VA可保护夜间视力,维持视紫质的正常效能。

2) **维护上皮组织健康、增强对疾病的抵抗力**： V_A 营养良好时，人体上皮组织黏膜细胞中粘蛋白的生物合成正常，分泌黏液正常，对维护上皮组织的健全十分重要。

3) **促进人和动物的正常生长**： V_A 是一般细胞代谢和亚细胞结构必不可少的重要成分，有促进生长发育、维护骨骼健康及正常嗅觉和听力的作用。

4) **抗癌作用**： V_A 与视黄醇类物质能阻止、延缓前癌病变消退，防止化学致癌物引起肿瘤发生或转移，可抑制肿瘤细胞的生长和分化。能预防上皮组织的肿瘤。

5) **促进动物生殖力的作用**：缺 V_A ，生殖系统的上皮细胞病变可影响女性阴道和卵巢，使排卵下降；男性睾丸萎缩，精子发育不良，使生殖力明显下降。

3、缺乏症：

V_A 缺乏最常见的临床体征是夜盲症和干眼病， V_A 不足常与蛋白质-能量营养不良、脂肪摄入低、脂质吸收不良综合征和发热疾病等相伴。

4、**VA 过量**：长期或一次摄入过量 V_A 可在体内蓄积引起慢性或急性中毒。

1) **急性毒性**：产生于 1 次或多次连续摄入大剂量的 V_A 。其早期表现包括恶心呕吐、头痛眩晕、视觉模糊、肌肉失调和婴儿的卤门突起；这些表现常是短暂的，数日即消失。当剂量极大时，在下一周接着进入第二期，特征是嗜睡、不适、食欲消失、不爱活动、瘙痒、鳞片样脱皮和反复呕吐。其终末期的表现包括昏迷、惊厥和呼吸不正常，在 1-16 日内因呼吸衰竭或惊厥而死亡。

2) **慢性中毒**：是由于几周至几年内反复服用过量 V_A 所致。常见中毒表现为头痛、脱发、唇裂、皮肤干燥和瘙痒，肝大、骨和关节痛等。在停止服用后，多数病人可完全恢复，但有一些病例发生肝、视觉以及慢性肌肉和骨骼疼痛的永久损伤。

5、食物来源和推荐摄入量：

1) **VA 的计量单位**： $1\mu\text{g}$ 视黄醇= $1\mu\text{gRE}$

1 国际单位 (IU) $A=0.3\mu\text{gRE}$

$1\mu\text{gRE} = 1/6\mu\text{g}$ β -胡萝卜素= $1/12\mu\text{g}$ 其它 V_A 原类胡萝卜素

即 $\text{RE}(\mu\text{g}) = \text{视黄醇}(\mu\text{g}) + 1/6 \beta\text{-胡萝卜素}(\mu\text{g}) + 1/12$ 其它 V_A 原类。

2) **食物来源**： V_A 仅存在于动物食品中，以肝、蛋、奶和鱼为最好的来源，鱼肝油中含量很高，可作为婴幼儿的补充来源。植物性食物中，红黄色、绿叶菜和某些水果等都有丰富的胡萝卜素，如胡萝卜、黄色南瓜、深绿色叶菜、玉米、番薯、木瓜和柑橘。

3) **供给量**：预防 V_A 缺乏的最低需要量不低于 $300\mu\text{g}/\text{d}$ ，AI 为 $600-1000\mu\text{gRE}/\text{d}$ 。

二、维生素 D：丁种 V；抗佝偻病 V。

1、理化性质：

是类固醇的衍生物，具有 VD 活性的化合物约 10 种，以 VD_2 和 VD_3 最为重要。 VD 性质稳定，在中性及碱性溶液中耐高温和抗氧化。但在酸性液中逐渐分解。通常的烹调加工不会引起 VD 损失，但脂肪酸败可引起 VD 的破坏。

2、吸收及在体内的转化：

食入的 V_D 由小肠吸收。在胆汁协助下形成乳糜微粒经淋巴管入血流，与自身形成的 V_D 一起转运到肝脏进行羟化反应，在肝脏 25-羟化酶作用下代谢成 25-OH- D_3 ，再转运到肾脏，在肾-1 羟化酶作用下代谢成 $1, 25(OH)_2D_3$ 才生成具有生物活性的分子。最后转运到血循环，分别贮存于肝脏及富含脂肪的组织中备用，并分布到有关组织器官中发挥其生理效能。

VD 排泄主要途径是经胆汁进入小肠，随粪便排出体外，只有极少量由尿中排出（2%-4%）。机体主要通过严格控制肾 1-羟化酶活性来调控 V_D 内分泌系统。

3、生理功能：

主要参与钙磷代谢，不仅促进其在体内的吸收，而且作用于骨骼组织，影响其在骨组织的沉积。 $1, 25(OH)_2D_3$ 的作用机理在于它先在肠黏膜细胞诱发一种特异蛋白（钙结合蛋白；CaBP）的合成，CaBP 的作用是把钙从肠腔的刷状缘处主动转运透过细胞进入循环，促进肠中钙的吸收，升高血钙水平，促进骨中钙的沉积。

$1, 25(OH)_2D_3$ 还可直接促进肠细胞对钙的吸收。

4、缺乏症：

膳食中缺 VD 或人体缺乏日光照射，钙磷的吸收受影响，血中钙磷下降，不但骨骼生长发生障碍，同时也影响肌肉和神经系统的正常功能。严重时儿童发生佝偻病、成人缺 VD 可发生骨质疏松症等。

5、过量和毒性：

膳食来源的 V_D 一般不会过量。但摄入过量 V 补充剂的人有发生 V_D 中毒的可能性，中毒症状包括：高血钙症、高尿钙症、厌食、恶心呕吐、口渴、多尿、肌肉乏力、关节疼痛、弥散性骨质脱矿化及一般定向力障碍等。

6、食物来源及供给量：

主要存在于动物肝脏、鱼肝油和禽蛋中，及含脂肪丰富的海鱼和奶油中。奶类和瘦肉中 V_D 不高，以奶类为主食的小儿需适当补充鱼肝油，以利生长发育，但不可过量。

V_D 的需要量取决于膳食中的钙磷浓度、个体生长发育的生理阶段、年龄、性别、日照程度以及皮肤的色素沉着量。我国成人 V_D 的 RNI 为 $5\mu\text{g}/\text{d}$ ；UL 为 $20\mu\text{g}/\text{d}$ 。

三、VE：

1、理化性质：

是一系列具有 α -生育酚的生物活性的化合物（已知 8 种），以 α -VE 活性最高。VE 广泛存在于绿色植物中，在无氧条件下对热和酸碱稳定；在有氧、碱等条件下即遭破坏。在有氧条件下，游离酚羟基的酯是稳定的，但由于酚基是 VE 抗氧化活性的活性部位，所以，生育酚酯必需先水解才能有生物活性。

2、吸收、转运和贮存：

需胆盐和脂肪存在，以乳糜微粒形式从小肠上部吸收，经淋巴入血流分布到各组织，存于细胞线粒体中。在脂肪组织、肝脏和肾上腺皮质中含量较高，其它组织中含量与血中浓度近似。生育酚或其酯的相对吸收率约 20%-40%（酯在吸收前在肠道中先被水解）。 V_E 在血浆内的运载大部分被 β -脂蛋白携带。当脂肪吸收障碍时，也影响 V_E 的吸收；进食大量多烯不饱和脂肪酸，可使 V_E 需要量增加。排泄途径主要是粪便，少量由尿中排出。

3、生理功能：

- 1) V_E 是高效抗氧化剂：可抑制不饱和脂酸的氧化，保护生物膜免遭过氧化物的损害，与硒协同作用保持细胞膜和细胞器的完整性和稳定性。
- 2) 对某些酶活性有影响：能保护某些含巯基的酶不被氧化而保持许多酶的活性。
- 3) 与动物生殖功能有关：影响性器官成熟及胚胎发育。
- 4) V_E 能提高免疫反应，预防衰老：给予 V_E 可减少脑组织中脂褐质，改善皮肤弹性，对预防衰老具有重要意义。
- 5) 维护骨骼肌、心肌、平滑肌和心血管系统的正常功能： V_E 缺乏时可出现心肌损害、耗氧量增加、肌肉萎缩和营养障碍等。人体神经肌肉及视网膜的适当功能需要适量 V_E 。神经系统产生神经递质伴随产生大量自由基。

3、缺乏症：

如长期缺乏 V_E ，血浆中 V_E 浓度下降，红细胞溶解，红细胞寿命缩短，出现溶血性贫血。 V_E 缺乏的典型神经体征包括：深层腱反射丧失、震动和位感受损、平衡与协调改变、眼移动障碍（眼肌麻痹）、肌肉软弱和视野障碍。

4、毒性：

与其它脂溶性 V 比较，口服 V_E 的毒性较低。成年人可耐受 200-800mg V_E /d 而不出现有害作用。但摄入大量 V_E 可能干扰 V_A 和 V_K 的吸收。

5、需要量与食物来源：

V_E 在自然界分布广泛，各种植物油、谷物胚芽、豆类、硬果类（花生）及其它谷类、牛奶及蛋黄等均含 V_E 。肉类、鱼类、动物脂肪及多种果蔬中含 V_E 甚少，绿叶蔬菜有一定量。人体肠道内能合成一部分，一般情况下不致缺乏。

通常成人 AI 为 14mg V_E 。推荐 V_E 摄入量时需要考虑的一个因素是膳食多不饱和脂肪酸含量，由于其易发生脂质过氧化作用，所以当多不饱和脂肪酸的量增高时， V_E 需要量也增高。有建议对于成年人每克多不饱和脂肪酸约需 0.4mg V_E 。

四、维生素 K（凝血维生素）：

是一类能促进血液凝固的甲基萘醌衍生物。包括：

天然产物 K1：存在于绿叶菜和动物肝脏的黄色油状物。

K2：人体肠道细菌的代谢产物，淡黄色晶体，也存在于发酵食品中。

人工合成 K3、K4：甲基萘醌衍生物，性质较 K1、K2 稳定，且溶于水。

1、吸收和代谢：

V_k 为脂溶性，在小肠中吸收有赖于胆盐和胰脂酶的存在。由空肠经淋巴吸收，在血中随 脂蛋白一起转运。在体内贮存时间很短，迅速被破坏，经代谢排出，血液含量甚少，只在肝中贮存少量。

2、生理功能及缺乏症：

1) 促进血液凝固的作用：能促进肝脏合成凝血酶原（凝血因子 II），还能调节另外 3 种凝血因子（ 、 、 ）的合成。当组织受伤时，凝血酶原和钙与血小板中的凝血致活酶相接触，变成凝血酶，使纤维蛋白元变性为纤维蛋白使血液凝固。缺乏 VK 时，肝脏所产生的凝血酶元下降，血中几种凝血因子均下降，致使出血后血液凝固发生障碍，轻者凝血时间延长，重者可有显著出血情况：皮下出现紫斑或淤斑、鼻衄、齿龈出血、创伤后流血不止，有时还会出现肾脏和胃肠道出血。

2) 参与体内氧化还原过程：VK 具萘醌式结构，可还原成无色氢醌，参与氧化还原过程。缺乏时，肌肉中的 ATP 和磷酸肌酸都下降，ATP 酶活力下降。

3) 增强胃肠道蠕动和分泌机能：缺乏时，平滑肌张力及收缩减弱。V_k 可延缓糖皮质激素在肝中的分解，具有氢化可的松的作用。长期注射 VK 可增加甲状腺内分泌的活性，患甲状腺毒症的人，血中凝血因子含量下降，给予 VK 可纠正。

3、食物来源及供给量：

食物中分布较广，绿叶蔬菜如莴苣、甘蓝中丰富，其次动物肝肉、小麦等都含有，肠道细菌也可合成。我国、WHO 未有正式的 VK 供给量标准。从食物中成人 50-70μgV_k/d 可满足生理需要。

五、维生素 B1：

1、理化性质：

分子中有 NH₂ 和 S 元素，有一个四价氮，属强碱，食品中通常遇到的 pH 范围内完全电离。溶于水、乙醇和多种酸中，一般烹调温度下不易破坏（损失 25%），但在压力锅和碱性溶液中极易破坏，酸性液中加热至 120 亦不失生理效能。干烤或油炸食品损失较多。加工中的亚硫酸盐可破坏 VB₁。

2、吸收及在体内的转化：

在小肠内吸收，高浓度时被动扩散，低浓度时则为主动方式。当运至肝脏中被进一步磷酸化形成焦磷酸硫胺素而具生物活性。V_{B1} 在人体内贮留量很少，约 30mg ±，其中 80% 以 TPP 形式存在。以每克组织计，心脏最高，其次是脑、肾、肝、肌肉。

3、生理功能：

主要参与细胞中糖的中间代谢。VB₁ 形成的 TPP 是碳水物代谢过程中脱羧酶和转酮基酶的辅酶，如丙酮酸 乙酰 CoA 和 酮戊二酸 琥珀酸 CoA。TPP 还是葡萄糖经

PPP 途径代谢的重要酶之一，TPP 直接影响体内核糖的合成。

4、缺乏症：

典型症状为脚气病，主要症状为多发性神经炎、消瘦或水肿及心脏功能紊乱。但由于酗酒引起的 VB1 严重缺乏症为脑性脚气病综合征（Wernicke 氏脑病），主要症状为神经组织受损、出现记忆力消失、眼球震颤、精神错乱等症状，如未及时治疗，常死于心力衰竭（死亡率达 90%）。典型的 VB1 缺乏症为脚气病，可分为成人型脚气病和婴儿型脚气病。

5、食物中的抗硫胺因子：

- 1) 某些生鱼或海产品，特别是鲤鱼、鲱鱼、青蛤和虾含有硫胺素酶，它能裂解 VB1，因而不能生食鱼类或软体动物。
- 2) 金枪鱼、猪、牛肉的血红素蛋白也有抗 VB1 的活性，食用前应加热处理。
- 3) 饮入大量酒精也会影响 VB1 的吸收与利用。

6、食物来源及供给量：

广泛分布于整个动植物界，并以多种形式存在于食品中，包括游离的硫胺素、焦磷酸硫胺素以及它们与各自的脱辅基酶蛋白的结合。粗粮、豆类、硬果、肉类、动物内脏、蛋类及干酵母都含丰富的 VB1，蔬菜、水果含量不高。谷类过分碾磨精细或烹调前淘洗过度都会造成 VB1 的大量损失。

一般成人按 0.5mg/1000kcal 供给。我国居民成人男女 RNI 分别为 1.4 和 1.3mg/d。

六、维生素 B2（核黄素）：

1、理化性质：

以磷酸酯的形式存在于两种辅酶 FMN 和 FAD 中。在干燥状态、酸性或中性液中稳定，且不受大气中氧的影响。但易为光和碱所破坏，在任何酸、碱溶液中均可受到光，特别是紫外光破坏。在碱液中辐照可引起光化学裂解，产生光黄素，可破坏其它许多 V，特别是 Vc。在酸性及中性液中销售时可产生兰色的荧光物质光色素。

2、吸收及在体内的转化：

VB2 在小肠上部被吸收，小肠黏膜细胞内磷酸化，然后进入血液循环再流到各组织，以磷酸盐或黄素蛋白的形式出现。肝脏、脾脏、心肌可贮存一部分，但身体贮存 VB2 的能力有限，每日需从膳食中摄取一定量。

排泄基本上通过尿，并与摄入量成正比。此外，汗液中也可排出少量 VB2，肠细菌也能合成 VB2，但不能被人体吸收。

3、生理功能及缺乏症：

VB2 是 FMN、FAD 的组成成分，它们是体内许多酶系统的重要辅基，所形成的辅酶是生物氧化过程不可缺少的物质。与特定蛋白集合形成黄素蛋白，促进蛋白质、脂肪和碳水物的代谢。促进生长，维护皮肤和黏膜的完整性。对眼的感光过程、水晶体的角

膜呼吸过程具有重大作用。

缺乏时，会妨碍细胞的氧化作用，物质和能量代谢发生障碍，可引起多种病变如唇炎、舌炎、角膜、口角炎、脂溢性皮炎、巩膜充血、视力疲劳（影响夜间视力）等。

4、食物来源及供给量：

V_{B2} 在自然界中分布不广，动物肝肾心等内脏组织较其它食物多。乳蛋、瘦肉、河蟹、鳝鱼、口蘑和紫菜等少数食品内中较丰富。绿叶菜略高于其它蔬菜。 V_{B2} 烹调损失大，应注意食物选配。

V_{B2} 与能量代谢有关，供给量随热量而定，一般成人按 0.5mg/1000kcal 供给。我国 RNI 成人男女分别为 1.4 和 1.2mg/d。

七、烟酸：为吡啶-3-羧酸及其衍生物的总称，包括烟酸和烟酰胺。

1、理化性质：

在体内以烟酰胺形式存在。在空气中较稳定，耐光和热，不被碱所破坏。一般的烹调方法对其影响较小，是 V 中最稳定的一种。

2、吸收及在体内的转化：

烟酸在小肠被吸收，并于机体内转变为烟酰胺，与核糖、磷酸、腺嘌呤组成脱氢酶的辅酶，成为 CoI 和 Co 的组成成分。在体内以烟酰胺的形式构成呼吸链的 CoI 和 Co ，广泛分布于人体内但不能贮存，需经常提供以防止缺乏。

体内代谢后绝大部分以 N-CH₃-烟酰胺的形式由尿中排出。

3、生理功能：

在体内构成脱氢辅酶 CoI 和 Co ，参与 EMP-TCA，在生物氧化中起递氢体作用。可维护皮肤、消化系统及神经系统的正常功能。可降低血胆固醇。

4、缺乏症：

缺乏时糖代谢受阻，神经细胞得不到足够的 O，使神经功能受影响，缺乏症状为癞皮病，症状为皮炎、腹泻及痴呆。且皮炎仅发生在与阳光接触的部分，有对称性，发病区域与健康区域界限分明，癞皮病也表明 VB 族与蛋白质的缺乏。

5、食物来源及供给量：

广泛分布于动植物组织中但多数含量较少。动物肝、瘦肉、花生、豆类、粗粮及酵母含量较多。食物中烟酸有游离型和结合型两种，粮食（如玉米）中烟酸以结合型为主（与糖结合：烟西汀；与肽结合：烟酸源），不经分解，不能为人体利用，用碱或 $NaHCO_3$ 处理可使烟酸释放。色氨酸是烟酸的潜在来源，机体所需烟酸一部分可由色氨酸转变。60mg 色氨酸转变为 1mgVpp（需 VB_2 、 VB_6 参与，为防 Vpp 缺乏，应充分供应 VB 族），膳食中必需有足够的 Pro，特别是色氨酸。所以，牛奶、鸡蛋的烟酸含量虽很低，但色氨酸含量高，所以烟酸也高。

成人应按 5mg/1000kcal 供给。我国成人男女 AI 分别为 14 和 13mg/d。

八、维生素 B6 :

1、理化性质 :

包括吡哆醇、吡哆醛和吡哆胺。均为白色结晶，易溶于水、乙醇。对光敏感，在空气中对热稳定，在酸性液中稳定，碱液中易破坏。

2、吸收及在体内的转化 :

在小肠吸收，在肝脏等组织中被特殊激酶磷酸化，同时被黄素蛋白氧化成磷酸吡哆醛，并以磷酸吡哆醛和磷酸吡哆胺的形式作为辅酶而具有生物活性。食入的 VB6 约 70% 氧化为无活性的代谢物-吡哆酸，由尿中排出。

3、生理功能及缺乏症 :

是许多重要酶系统的辅酶。磷酸吡哆醛是能量产生、中枢神经系统、血红蛋白合成及糖原代谢中所必需的辅酶，与蛋白质、脂肪代谢关系密切。参加的代谢反应有：

- 1) 是转氨酶的辅酶：在转氨基和尿素生成等方面起重要作用。
- 2) 是 AA 脱羧酶的辅酶：是形成神经介质所必需，其中 Glu - 氨基丁酸与中枢神经系统的抑制过程有密切关系。
- 3) 色氨酸 5-羟色胺和转化为 Vpp，都需 VB6 的参加。
- 4) 参与 CoA 生物合成及亚油酸 花生四烯酸等重要反应。
- 5) 抗脂肪肝、降血清胆固醇。

V_{B6} 缺乏会引起 Pro、AA 代谢异常，表现为贫血、抗体下降、皮肤损害（特别是鼻尖），婴幼儿惊厥等。异烟阱、青霉胺、左多巴及口服避孕药都是 VB6 的拮抗剂。

4、食物来源及供给量 :

食物中分布很广，谷物、谷胚及蔬菜中、肉、蛋、奶中也丰富，肠道细菌也可合成一部分。所以一般不会缺乏。

VB6 供给量与 Pro 摄入量有关，一般成人 AI 为 1.2mg/d。

九、叶酸 :

1、理化性质 :

由蝶呤啶、PABA 及 Glu 结合而成，其蝶呤啶可被还原成二氢或四氢叶酸。在中性及碱性溶液中对热稳定，易被光和酸 (>100) 破坏。室温下贮存食物，B11 很易损失。还原剂硫醇或 Vc 盐可阻止 FH₂ 或 FH₄ 的氧化作用，叶酸的钝化过程主要是氧化，破坏与 Vc 的破坏相平行，所添加的 Vc 可保护 B11。

2、吸收及在体内的转化 : 食

物中叶酸多以蝶酰多谷氨酸形式存在，正常情况下在肠内分解为 Glu 和自由叶酸，后者被小肠主动吸收。在 Vc 和还原型 Co 参与下叶酸转变为具生物活性的 FH₄。体内叶酸总计约 5-10mg，约半数贮存于肝脏，每天约有 0.1mg 排入胆汁；从尿中排出的量

比食入量多，证明肠内细菌可合成叶酸。

3、生理功能：

主要功能是作为一碳单位的载体参加代谢。叶酸具有造血功能，对 AA 代谢、核酸合成及蛋白质的生物合成均有重要影响，对正常红细胞形成有促进作用。

4、缺乏症：

缺乏叶酸时，将引起红细胞中核酸合成受阻，红细胞的发育成熟发生障碍，造成巨红细胞性贫血症；此外还可引起口炎性腹泻、智力退化和精神病。

5、食物来源及供给量：

广泛存在于绿叶菜中，动物肝肾含量丰富，其它如水果、肉、蛋、鱼类都有，肠道功能正常时肠道细菌还能合成叶酸，一般不会缺乏。

我国成人叶酸的 RNI 为 400 μ g/d。

十、维生素 B12：

1、理化性质：

氰钴素或钴胺素，是唯一含金属钴的维生素。纯品为无色结晶，在强酸或碱中极易分解，并易被日光、氧化剂和还原剂等所破坏。食品一般多在中性或偏酸性范围，故 VB12 在烹调加工时破坏不多。

2、吸收及在体内的转化：

食物中的 V_{B12} -Pro 复合物进入体内后，在胃酸和消化酶作用下从食物中被释放出来，与胃黏膜所分泌的糖蛋白相结合，在 Ca^{2+} 存在下，到达回肠，B12 与内因子分离，被黏膜细胞吸收进入门静脉。在血液中与 γ -球蛋白结合后由血液循环送到体内各组织。排泄主要由尿，部分从胆汁排出。

B12 吸收受许多因素影响，不但需有内因子，且其它营养素也会影响其吸收，VB6 和铁缺乏使吸收率下降，叶酸缺乏使吸收率增加，摄入少量 B12 比一次摄入大量要高。

3、生理功能及缺乏症：

1) 可提高叶酸利用率，增加核酸和蛋白质合成，以利红细胞的发育和成熟，如饮食不足，胃全部切除、胃壁细胞缺陷而不能分泌内因子，造成 B12 吸收障碍，体内缺乏 B12，红细胞不会正常成熟，形成大而未成熟的细胞，并释放到血液中诱发恶性贫血：巨幼红细胞性贫血。

2) B12 是活拨甲基的输送者：甲基与 Co 相连形成甲基钴氨素，参与许多重要化合物的甲基化作用，对合成核酸、核苷酸、蛋氨酸、胆碱等重要物质、维护肾上腺的功能、保证糖和蛋白质的代谢都有重要作用，其中最重要的是维护神经髓鞘的代谢与功能。缺乏 V_{B12} 时可引起神经、脊髓变性等，并引起严重的精神症状。年幼患者可出现呕吐嗜睡、精神抑郁、智力下降和生长发育迟缓，身材矮小等。

3) 给予肝病患者 B12 可防止发生脂肪肝。

4、食物来源及供给量：

丰富来源是动物内脏如肝、心和肾，其次是肉、蛋、奶类，豆类经发酵后可形成B12。饮食中动物性食物高时，B12摄入量就高，体内可有储备。但严格素食者，又不用发酵豆制品者易缺乏。我国成人AI为2.4 μ g/d。

十一、维生素C：

1、理化性质：

为无色、无臭的结晶，溶于水。有酸味及很强的还原性。固态Vc性质稳定，溶液中Vc畏光、怕热、忌铜、铁、氧和碱性物质，氧化酶存在下极易氧化分解，是最不稳定的维生素。因此，在加碱处理或加水蒸煮时流失或破坏较多，而在酸性溶液、冷藏及密闭条件下损失较少。

2、吸收及在体内的转化：

食物中Vc进入体内后在小肠上部被迅速吸收，随血液循环分布到全身体液和组织。与其它水溶性V不同，Vc在体内有一定量贮存，肾上腺、视网膜Vc特别高，脑、肝、脾和骨髓等组织都有一定量，肌肉和脂肪组织最低。健康成人可贮留1500-4000mgVc，可保证数周内不摄入Vc也不致发生缺乏症，体贮留量<300mg或人血浆中Vc<0.5mg%（饱和量1.4mg%）时表现缺乏症：坏血病。

排泄：主要通过尿，摄入多，组织饱和时排泄量大，反之就少。Vc在体内分解代谢的最终产物是草酸，长期服用Vc过多，可出现草酸尿。

3、生理功能及缺乏症：

1) **参与细胞间质的形成，维护血管、肌肉、骨牙的正常生理功能：**在胶原蛋白合成中有重要作用，若缺乏Vc，胶原蛋白合成受阻，使伤口愈合延缓；缺Vc可使血管壁脆弱，通透性增加，易出现出血，还会影响骨牙、软骨和结缔组织的功能使骨松动，易发生骨折等坏血病的典型症状。

2) **可增进肠道铁的吸收：**能将Fe³⁺→Fe²⁺以利吸收，并促进运铁蛋白的铁转移到器官铁蛋白中，以利铁在体内的贮存。缺乏Vc使骨髓萎缩、生血功能下降。缺铁性贫血和巨幼红细胞性贫血用Vc作辅疗，可取得良好的效果。

3) **抗感染和防病作用：**对抗体的形成、白细胞的吞噬活性都有激活作用，能抑制细菌毒素的毒性，增强机体的抗病力，促进外伤愈合。缺乏时，机体的抗病力下降，易感染疾病，外伤不易愈合。大剂量Vc作为防治感冒、长期发烧、急性克山病、大面积烧伤、急性风湿性心脏病的辅疗。

4) **Vc在防治癌症方面有独特功用，**能阻断致癌物亚硝胺生成，能合成透明质酸酶抑制物阻止癌扩散，并能减轻抗癌药物的副作用，对防治癌症有良好效果。

5) **Vc可减轻As和重金属对肝功能的损害：**常用来缓解Pb、Hg、As、Co、甲苯等慢性中毒。被称为万能解毒剂。

6) Vc 与肾上腺皮质激素的合成有关，并能影响胆固醇的代谢。参与肝脏内胆固醇的羟化作用形成胆酸，降低血液中胆固醇的含量，对治疗高胆固醇血症、防止动脉粥样硬化和胆石症有一定疗效。

7) 此外，Vc 还能协助某些 AA 的代谢，防止酪氨酸氧化不完全产生尿黑酸或生成黑色素。参与体内酪氨酸、色氨酸的代谢（激活有关的酶）：

4、食物来源及供给量：

新鲜蔬果中含量很高。动物食品中一般较少。Vc 在贮存、加工、烹调处理中极易破坏，供给量要考虑到这些可能的损失，我国成人 RNI 为 100mg/d。

十二、生物素：也称 VH、VB7 或 CoR。

1、生理功能：

是哺乳动物乙酰 CoA 羧化酶、丙酮酸羧化酶、丙酰 CoA 羧化酶等的必需辅助因子，对于细胞的生长、三大能量物质的代谢、DNA 的生物合成及各种免疫细胞正常功能起重要作用。药理剂量可降低 II 型糖尿病人的血糖水平。

2、缺乏症：

临床缺乏症状主要有红斑性皮炎、鳞状脱皮、脱毛等；大多数成年患者有抑郁、嗜睡、幻觉和极端的感觉异常等精神症状；婴幼儿还可表现为生长发育迟缓。

3、食物来源及供给量：

在食物中分布很广，以游离形式存在于果蔬、乳类和米糠中，以蛋白质结合形式存在于肉、蛋、植物种子和酵母中。相对含量较多的是奶、蛋、酵母、肝脏及绿叶菜。我国成人 AI 为 30μg/d。

十三、胆碱：

1、生理功能及缺乏症：

是卵磷脂和鞘磷脂的组成成分，前者在肝的脂肪代谢中起重要作用，防止脂肪在肝脏的异常堆积，可防止脂肪肝；后者存在于大脑和神经组织中，在神经传递方面起重要作用，可促进脑发育并可提高记忆力。

对于哺乳动物，胆碱缺乏的一般症状是生长不良、脂肪肝和出血性肾损失。

2、食物来源及供给量：

食物中分布很广，含脂肪的食物相对高一些。丰富来源为蛋类、大牲畜的肝脏、啤酒酵母；良好来源为大豆、甘蓝、全谷、玉米、面粉和土豆。

我国成人胆碱 AI 为 500mg/d；UL 为 3500mg/d。

十四、维生素 B3（也称遍多酸）：由泛解酸和 β -丙氨酸组成。

溶于水，pH4-7 稳定，中性液中耐热，易为酸、碱所破坏。一般的烹调方法影响不大，高温 (>100) 可有相当的损失。

- 1、**生理功能**：作为 CoA 的成分在体内发挥作用，在物质和能量代谢中有十分重要。
 - 1) 是脂肪酸氧化及合成中的必需物质；
 - 2) 参与糖代谢过程中的氧化脱羧、TCA 循环，与体内 O₂ 释放密切相关；
 - 3) 体内许多合成反应是乙酰化作用，需 CoA 参与，如形成乙酰 CoA，由胆碱合成乙酰胆碱、胆固醇及甾醇类激素的生物合成等。
- 2、**缺乏症**：人体缺乏 VB3 时可出现过敏，足底灼痛、肌肉痉挛、容易疲劳、胃肠道不适及肾上腺功能不全等症。
- 3、**食物来源及供给量**：在食物中分布很广，动物肝、心、肾含量丰富。此外，瘦肉、蛋黄、花生、菜花、卷心菜、全谷粒、牛奶及一些水果都含有。肠道细菌也能合成一部分。一般不致缺乏。我国成人的 AI 为 5mg/d。

第七节 重要功能因子

一、生物类黄酮 (bioflavonoids)

以前黄酮类化合物主要是指基本母核为 2-苯基色原酮类化合物，现在则泛指具有 2-苯基苯并吡喃的一系列化合物。其主要结构类型包括黄酮类、黄烷酮类、黄酮醇类、黄烷酮醇、黄烷醇、黄烷二醇、花青素、异黄酮、二氢异黄酮及高异黄酮等。黄酮类化合物多呈黄色，是一类天然色素。对热、氧、干燥和适中酸度相对稳定，但遇光迅速破坏。生物类黄酮能调节毛细血管透性，增强毛细血管壁的弹性，而毛细血管可供机体所需的全部营养物质如来自血流的氧、营养素和抗体，并带走废物。这些作用可防止毛细血管和结缔组织的内出血，而建立起一个抗传染病的保护屏障。生物类黄酮除影响毛细血管的健康外，还具有下列功能：

- 1) 是食物中有效的抗氧化剂：与超氧阴离子反应阻止自由基反应的引发，与铁离子络合阻止 OH[·] 的生成，与脂质过氧化基反应阻止脂质过氧化过程，可抑制动物脂肪的氧化，保护含有类黄酮的蔬菜和水果不受氧化破坏。
- 2) 通过对抗自由基、直接抑制癌细胞生长及对抗致癌、促癌因子，黄酮类化合物具有较强的抗肿瘤作用，可抑制恶性细胞并保护细胞免受致癌物的损害。
- 3) 对 Vc 有增效作用，可稳定人体组织内 Vc 的作用而减少紫癜。
- 4) 有抑制细菌和抗生素的作用，可提高普通食物抵抗传染病的能力。
- 5) 具有降血脂、降胆固醇、止咳平喘祛痰及抗肝脏毒的作用。

生物类黄酮的吸收、贮留及排泄与 Vc 相似，约一半可经肠道吸收而进入体内，未被吸收的部分在肠道被微生物分解随粪便排出，过量的则主要由尿排出。生物类黄酮的缺乏症状与 Vc 缺乏密切相关，若与 Vc 同服极为有益。生物类黄酮无毒。

加工、烹饪和贮藏过程中如不在阳光下操作，生物类黄酮不会因食物加工或厨房中的制作而遭受损失。若不暴露在强光下，其贮藏过程中的损失也极小。

1、异黄酮：

属黄酮类，其侧苯基位于3位。主要存在于豆科、鸢尾科等植物中。研究较多的有大豆异黄酮及葛根异黄酮，大豆异黄酮及其衍生物包括大豆苷、染料木苷、大豆苷源及染料木黄酮；葛根异黄酮及其衍生物包括葛根素、葛根甙、葛根木糖甙、大豆素、大豆甙及大豆素-4'、7-二葡萄糖甙。其主要的生理功能：有植物雌激素与抗雌激素物质的作用、抗癌作用、防骨质疏松和防止心血管疾病等。

2、花青素：

花青苷有抗氧化及清除自由基的功能，有降血清及肝脏中脂肪含量的作用。花青苷可抗变异及抗肿瘤，还有抑制人体内形成的超氧自由基的作用，有利于人体对异物的解毒及排泄功能，可防止人体内的过氧化作用。

3、多酚类：

可分为两大类化合物，一类是多酚的单体，即非聚合物，包括各种黄酮类化合物及其甙类，另一类则是有单体聚合而成的低聚或多聚体。这些物质都有一定量的R-OH基，能形成有抗氧化作用的氢自由基(H·)，以消除O₂⁻和羟自由基等自由基的活性，从而保护组织免受氧化作用的损害，以及增强免疫功能、抗癌、抗衰老、抗龋齿、抗菌和抑制胆固醇升高等作用。不同植物中提取的多酚会有一些不同的生理功能，目前研究较多、时间较长的是茶叶多酚。其主要生理功能包括：抗氧化作用、降血脂和血清胆固醇作用、抗肿瘤作用、抗变态反应和增强免疫功能的作用，以及降血糖、防龋齿、防口臭、调节甲状腺、消炎、止泻、杀菌以及抗血液凝固等作用。

二、左旋肉碱：

L-肉碱是动物组织中的一种必需辅酶，在线粒体脂肪酸的 β -氧化及TCA循环中起重要作用，可将脂肪酸以酯酰基形式从线粒体膜外转移到膜内，也可将脂酸、AA和G氧化的共同产物乙酰CoA以乙酰肉碱的形式通过细胞膜，所以，L-肉碱在机体中具有促进三大能量营养素氧化的功能。L-肉碱还可促进乙酰乙酸的氧化，可能在酮体利用中起作用。L-肉碱能提高疾病患者在练习中的耐受力，如练习时间、最大氧吸收和乳酸阈值等指标在机体补充L-肉碱后，都会有不同程度的提高。此外，L-肉碱还是精子成熟的一种能量物质，具有提高精子数目与活力的功能。L-肉碱还有缓解动物败血症休克的作用。

植物性食品L-肉碱含量较低，同时合成肉碱的两种必需氨基酸赖氨酸和蛋氨酸含量亦低，素食者应注意摄入。动物性食物含量较高。含L-肉碱丰富的食物有酵母、乳、肝及肉等动物食品。L-肉碱缺乏时，可出现脂肪堆积，症状通常为肌肉软弱无力。膳食中增加L-肉碱则可使症状减轻。

三、肌醇 (inositol)：

广泛存在于食物中的一种物质。在动物细胞中，主要以磷脂的形式出现，有时称为肌醇磷脂。在谷物中常与磷酸结合形成六磷酸酯即植酸，而植酸能与钙、铁、锌结合成不溶性化合物，干扰人体对这些化合物的吸收。但大豆中的肌醇则为游离状态。

肌醇的作用主在于其亲脂性，可促进脂肪代谢，降低血胆固醇；可与胆碱结合，预防动脉硬化及保护心脏；还可促进机体产生卵磷脂，而卵磷脂则有助于将肝脏脂肪转移到细胞，可使实验动物避免脂肪肝的发生。此外肌醇在细胞膜的通透性、线粒体的收缩、精子的活动、离子的运载及神经介质的传递等方面也有作用。

人类的食物广泛存在肌醇，人体细胞能够合成，未发现人类有肌醇缺乏症。但对一些不以牛乳作为蛋白质来源的配方食品及以治疗为目的而设计的配方食品，在肌醇很低或没有肌醇时可能对健康有影响，其缺乏的主要症状为生长缓慢与脱毛。肌醇的丰富来源为动物的肾、脑、肝、心、酵母及麦芽，还有柑桔类水果。其良好来源为瘦肉、水果、全谷、坚果、豆类、牛奶及蔬菜。

四、萜类 (Terpenes):

1、**挥发油**：挥发油中的萜类成分主要是单萜和倍半萜类化合物，其中含氧的衍生物多半是医药、食品及香料工业的重要原料。如 α -萜品醇有良好的平喘作用；芍药甙具有镇静、镇痛及抗炎活性；薄荷醇有弱的镇痛、止痒和局麻作用，亦有防腐、杀菌及清凉作用；青蒿素则是一种抗恶性疟疾的有效成分。

2、**红豆杉醇 (taxol)**：二萜衍生物，是红豆杉 *Taxus brevifolia* 树皮的成分，具有抗白血病及抗肿瘤的活性。

3、**皂甙**：一类较复杂的甙类化合物，大多可溶于水，易溶于热水，味苦而辛辣，振荡时可产生大量肥皂样泡沫，故名皂甙。皂甙有广泛的生理活性，如抗细菌、抗霉菌、抗病毒、抗癌、抗生育、抗炎、降血脂、降血糖及免疫调节等多种生理生化活性，对心血管系统、神经系统、肾上腺皮质系统和酶活性等方面都有生理活性。因此，皂甙类已成为天然药物研究中的一个重要领域。皂甙的主要生理活性包括：抗菌及抗病毒作用、抗肿瘤作用、免疫调节作用、对心血管系统的作用、对中枢神经系统的作用和降血糖作用。

皂甙广泛存在于植物中，如枇杷、茶叶及豆类等。许多作为保健食品新资源开发利用的中草药如人参、西洋参、茯苓、甘草、山药、三七及酸枣仁等都含皂甙。

4、**类胡萝卜素**：一类脂溶性多烯色素，属四萜类。已知的类胡萝卜素达 600 多种，颜色从红、橙、黄以至紫色都有。一些类胡萝卜素如 β -胡萝卜素在体内可转化为 V_A ，称 V_A 原，有些则是有效的抗衰老剂如 α -胡萝卜素。

1) **抗氧化作用**：类胡萝卜素是一类在自然界中广泛分布的生物来源的抗氧化剂，可有效猝灭单线态氧、清除过氧化自由基。其中的番茄红素虽没有维生素 A 的活性，但却是一种强有力的抗氧化剂，其抗氧化能力在生物体内是 β -胡萝卜素的 2 倍以上。

2) **增强免疫功能和预防肿瘤**：类胡萝卜素可增强机体的特异性及非特异性免疫功能，保护吞噬细胞免受自身的氧化损伤，促进 T、B-淋巴细胞的增殖，增强巨噬细胞、细胞毒性 T 细胞和天然杀伤细胞杀伤肿瘤的能力，以及促进某些白介素的产生。

3) **预防眼病、心血管疾病及其它**：饮食中的类胡萝卜素可降低白内障疾患的危险性，并能预防眼底黄斑性病变。

五、核酸 (nucleic acid):

是维持正常细胞免疫的必需营养物质，可提高机体免疫力特别是细胞免疫功能；可作为内源性自由基清除剂和抗氧化剂；可提高单不饱和脂肪酸含量和血清高密度脂蛋白水平，降低胆固醇水平，影响脂类代谢；可促进细胞再生与修复，抗放射性与化疗损伤；可维持肠道正常菌群，促进双歧杆菌的生长；对三大营养物质的吸收利用起调节作用，保证人体的能量供应；还能提高机体对环境变化的耐受力，有抗疲劳、促进氧气利用等功能。

核酸需在体内代谢降解为核苷酸、核苷和碱基，才能被小肠上皮细胞吸收。过量服用核酸会分解形成较多的嘌呤类核苷酸，有可能促进尿酸过量生成，引起痛风。因此，痛风症患者或有痛风病家族史的人不宜外源性补充核酸产品及富含核酸的食物。

细胞多的食品核酸就多。含核酸最丰富的食物是沙丁鱼。鱼虾、螃蟹、牡蛎、动物肝脏、蘑菇、木耳、花粉及酵母等也含丰富的核酸。黄豆、扁豆、绿豆、蚕豆、洋葱、菠菜、鲜笋、萝卜、韭菜及西兰花等蔬菜中也含有许多核酸和制造核酸的物质。

六、咖啡碱、茶碱和可可碱 (caffeine; theophylline; theobromine)

咖啡碱不仅存在于咖啡、茶叶和可可，还存在于软饮料如可乐型饮料以及含咖啡碱的药物等。在正常饮用剂量下对运动和神经功能有好处，并具有如下功能特性：是中枢神经系统的兴奋剂，有利尿作用，可使平滑肌松弛促进血液循环，可刺激胃酸的分泌，还能提高血浆中的游离脂肪酸和葡萄糖水平以及氧的消耗量。我国一直把咖啡碱列为药物，未规定最高允许用量，FAO/WHO (1984) 规定最高允许用量为 200mg/kg。

茶碱早在 1937 年就开始用于临床治疗心力衰竭，认为该药有极强的舒张支气管平滑肌的作用，可用于支气管喘息的治疗。可可碱没有以上效果。

七、活性多糖 (polysaccharides):

有一类复合多糖，主要由 G、F、阿拉伯糖、木糖、半乳糖及鼠李糖等组成的聚合度>10 的聚糖，为多聚糖。此类多糖具有复杂的多方面的生理功能。

1、**真菌活性多糖**：是存在于香菇、金针菇、银耳、灵芝、蘑菇、黑木耳、茯苓、肉苁蓉和猴头菇等大型食用或药用真菌中的某些多糖组分。具有刺激网状内皮系统的吞噬功能、活化巨噬细胞和刺激抗体产生等而达到提高人体免疫能力的生理功能。还有抗衰老、降血脂、降血糖、保肝、抗凝血以及提高骨髓造血功能等作用。

2、**植物活性多糖**：是存在于虫草、螺旋藻、茶叶、苦瓜、魔芋、莼菜、刺梨、大蒜、萝卜、苡仁、甘蔗、鱼腥草及甘薯叶等植物中的活性多糖。

3、**动物多糖**：

1) **肝素** (heparin)：有强的抗凝血作用，临床上用肝素钠盐预防或治疗血栓的形成，肝素也有消除血液脂质的作用。

2) **硫酸软骨素** (chondroitin sulfate)：包括软骨素 A、B、C 等数种，软骨素 A 是软骨的主成分。和肝素相似，可降血脂，改善动脉粥样硬化症状。

3) **透明质酸** (hyaluronic acid)：存在于眼球玻璃体、关节液和皮肤等组织中作为润滑剂和撞击缓冲剂，并有助于阻滞入侵的微生物及毒性物质的扩散。

八、二十八烷醇：

生理功能包括：提高肌力，降低肌肉磨擦，消除肌肉疼痛；增强耐力、精力和体力；能降低缺氧的发生率，帮助身体使其在压力状态时更有效率地运用氧气，增强对高山反应的抵抗力；还有降低收缩期血压、缩短反应时间、刺激性激素及强化心脏机能的作用。二十八烷醇是一元直链的天然存在的高级脂肪醇，主要存在于糠蜡、小麦胚芽、蜂蜡及虫蜡等天然产物中。

九、辅酶 Q (泛醌) (coenzymesQ) (ubi qui nones)

是呼吸链中的一个重要的参与物质，是产能营养素释放能量所必需的。CoQ 有减轻 VE 缺乏症的某些症状的作用，而 VE 和硒能使机体组织中保持高浓度的 CoQ。其中 CoQ₁₀ (n=10) 还能抑制血脂过氧化反应，保护细胞免受自由基的破坏，在临床上用于治疗心脏病、高血压及癌症等。辅酶 Q 类化合物广泛存在于微生物、高等植物和动物中，其中以大豆、植物油及许多动物组织的含量较高。

十、褪黑素 (Melatonin)：

1、**安神、助眠和调整时差**：是调整生物钟的活性物质。对由于褪黑激素分泌量减少导致睡眠周期紊乱的老年人以及由于生活节奏的加快造成的焦虑、失眠、忧郁和神经衰弱等神经官能症的青壮年有很好的助眠和镇静作用。褪黑素还能很好地调节时差。

2、**延缓衰老**：老年人松果体逐渐老化，分泌的褪黑素逐渐减少，使等待褪黑素供给的器官和组织也跟着老化而发生疾病，各系统难以维持年轻时的高度协调的高效率状态，于是出现衰老。适量补充褪黑素，可有效打破“衰老-疾病-衰老”的恶性循环，延缓衰老的过程。

3、**增强免疫功能**：褪黑素可使松果体的功能再生，借此巩固和维护人体各主要器官和系统的功能，强化机体的免疫功能，增强技艺对感染和肿瘤的抵抗力。

4、**抗肿瘤**：可抑制脂质过氧化作用，避免自由基对细胞的损害，协助人体对抗致癌因子，增强机体搜寻及破坏癌细胞的能力，协助预防乳腺癌和前列腺癌。

5、**加强性功能**：褪黑素不但能延缓衰老，也能使之保持适当的性能力。此外，褪黑素有提高内啡肽的作用，能解除疼痛、紧张并增加性活动后的快感。

褪黑素还有防治眼部疾病如白内障、青光眼和视网膜黄斑退化的功能。

十一、超氧化物歧化酶 (SOD):

最常见的是 Cu, Zn-SOD 和 Mn-SOD，还有 Fe-SOD。是最重要的自由基清除剂，能清除机体代谢过程中所产生的过量 O_2^- ，延缓由于自由基侵害而出现的衰老现象，如皮肤衰老和脂褐素沉淀的出现；可提高人体对那些由于自由基侵害而诱发的疾病的抵抗力，包括肿瘤、炎症、肺气肿、白内障和自身免疫疾病等；可提高人体对自由基外界诱发因子的抵抗力，如烟雾、辐射、有毒化学品和有毒医药品等，增强机体对外界环境的适应力；可减轻肿瘤患者在化疗、放疗时的疼痛及严重的副作用，如骨髓损伤和白细胞减少等；并可消除机体疲劳，增强对超负荷大运动量的适应力。

但有些疾病患者如肾功能衰竭、尿毒症、精神病及患孤独症的小孩，其血液中 SOD 浓度比正常人高很多，这种特殊人群不需补充而是要抑制或减少 SOD。

SOD 存在于几乎所有靠有氧呼吸的生物体内，从细菌、真菌、高等植物、高等动物直至人体内均有存在。含 SOD 较高的天然植物有大蒜，其它如韭菜、大葱、洋葱、油菜、柠檬和番茄等也含有。

十二、对氨基苯甲酸 (para-aminobenzoic acid; PABA)

是叶酸的组成成分，对人和高等动物来说，PABA 是作为叶酸的主要部分而起作用的。它作为辅酶对蛋白质的分解、利用以及对红细胞的形成都有极其重要的作用。在小肠内很少合成叶酸的动物中则具有叶酸活性。

磺胺类药物是 PABA 的拮抗物，长期服用可引起 PABA 的缺乏，也引起叶酸的缺乏，症状如疲倦、烦躁、抑郁、神经质、头痛、便秘及其它消化系统症状。PABA 对人类基本无害，但连续大剂量使用可能有恶心、呕吐等毒性作用。其丰富来源为酵母、肝脏、鱼、蛋类、大豆、花生及麦芽等。

十三、硫辛酸 (lipoic acid):

在体内作为一种辅酶，与焦磷酸硫胺素一起，共同将碳水化合物代谢中的丙酮酸转化为乙酰 CoA，此反应在体内能量产生过程中极为重要。此外，硫辛酸对人的肝脏疾病如肝性昏迷有一定疗效。许多食物都含有硫辛酸，其丰富来源是肝脏和酵母。机体也能合成自身所需要的硫辛酸。

十四、苦杏仁苷(氮川贰) (laetvile)(nitrilosides):

是从杏仁、桃仁、苦杏仁和苹果籽中提取的一种含氰化物可能有毒的物质。能给机体提供低剂量而恒定的氰酸(HCN)。人和其它哺乳动物有一种硫氰酸酶，能使氰化

物转变成硫氰酸盐,在预防和治疗癌症方面可能有一定作用。大多数水果核仁含 2%-3% 的苦杏仁苷,包括杏、苹果、樱桃、桃、油桃和李等。木薯中含约 0.5%的苦杏仁苷。

十五、潘氨酸 (泛配子酸, VB₁₅, 二甲基甘氨酸葡糖醛脂)(pangamic acid):

具有激发甲基转移作用,从而激发肌肉和心脏组织中肌酸的合成;可加强氧从血流中输送到细胞的效率,防止活组织供氧不足,特别是心肌和其它肌肉的供氧不足;还能抑制脂肪肝的形成,使动物适应强运动量练习以及控制血糖胆固醇水平。潘氨酸缺乏可引起疲劳感、血组织供氧不足、心脏病、内分泌腺以及神经系统的疾病。

向日葵籽、南瓜籽、酵母、肝、稻米、整粒谷物、杏仁和其它种子都是良好的来源。此外,凡是有复合维生素 B 存在的天然食物都含有潘氨酸。

十六、-氨基丁酸(GABA):

降压效果较好,有活化肾功能、改善肝功能、防止肥胖、促进乙酰代谢及消臭的作用。富含于茶叶、胚芽等。

十七、天然水杨酸:

有助于抑制血小板的粘附、聚积,对预防血栓形成及降低高粘血症有一定作用。草莓、番茄、樱桃、葡萄和柑桔等浆果富含此类物质。

十八、茶氨酸(Theanine):

可诱导放松状态,对记忆和学习能力有正性影响。能明显降低血压。能有效地抑制高剂量咖啡碱引起的兴奋震颤作用和低剂量咖啡碱对自发运动神经的强化作用。还有缓解咖啡碱推迟睡眠发生和缩短睡眠时间的作用。富含于茶、茶梅及蕈三种植物中。